

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE BELLAS ARTES**

**DEPARTAMENTO DE ESCULTURA**



**TESIS DOCTORAL**

**APLICACIONES CROMÁTICAS AL SILICATO  
SOBRE DOLOMÍA: POLICROMÍA DE  
ESCULTURA EN PIEDRA CON MATERIALES  
CONTEMPORANEOS**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**

**PRESENTADA POR**

**María Ángeles Sánchez Davía**

**Bajo la dirección de los doctores:**

Carlos Pereira Prado  
Pedro Ángel Terrón Manrique

**Madrid, 2010**

**ISBN: 978-84-693-2386-1**



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE BELLAS ARTES**

**Departamento de Escultura**



**APLICACIONES CROMÁTICAS AL  
SILICATO SOBRE DOLOMÍA**

**Policromía de Escultura en Piedra con Materiales  
Contemporáneos**

**Tesis Doctoral realizada por M. Ángeles Sánchez Davía**

**Dirigida por los doctores Dr. Carlos Pereira Prado**

**Dr. Pedro Ángel Terrón Manrique**

**Madrid, 2009**

CON CARÍÑO Y AGRADECIMIENTO  
A MIS PADRES

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a la Universidad Complutense de Madrid por la concesión de una beca predoctoral de Formación de Personal Investigador, y expresar mi agradecimiento ya que haber podido disfrutar de esta beca me ha permitido realizar esta tesis y desarrollar una parte muy importante de la investigación en bibliotecas británicas, The British Library y The British Museum - Paul Hamlyn Library en Londres.

Especialmente a mis directores de tesis, al doctor D. Carlos Pereira Prado, profesor titular de Restauración de Escultura y al doctor D. Pedro Terrón Manrique, profesor titular de Escultura; por aportar su inestimable experiencia y vasto conocimiento en materiales e investigación, y agradecer su constante apoyo y asesoramiento en el desarrollo de esta tesis.

La inmejorable asistencia técnica ofrecida por el personal de la empresa Keim Ecopaint Iberica S.L, a D. Manuel Torrego, Director Gerente y a D. Peter Mayer Director Técnico, que tan atentamente han solucionado dudas técnicas concretas, así como a D. Helmut Elsner Director Técnico de Keim Farben en Alemania, por el estudio de la roca dolomía y el aporte de información y recomendaciones sobre el uso de pintura al silicato con fines artísticos.

A Mrs Eva Delbourgo y a Mr Malcolm Quinn, Research Coordinator, por su colaboración durante mi investigación y estancia en Wimbledon College- UAL -University of the Arts London.

Al doctor D. Rafael Fort (Departamento de Petrología y Geoquímica, Facultad de Ciencias Geológicas, UCM), que permitió el análisis de caracterización de la piedra de Bernuy realizado en el CSIC-UCM (Consejo Superior de investigaciones Científicas - Universidad Complutense), efectuado por Elena M. Pérez y María J. Varas.

También a Dña. Concha Cirujano, restauradora del IPHE (Instituto de Patrimonio Histórico Español, Madrid) por la aportación de cuantiosas referencias sobre informes de restauraciones de policromías sobre escultura en piedra. Igualmente a D. Miguel Sobrino, escultor responsable del Taller de Cantería - Universidad Politécnica ETSAM (Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid) por facilitar el acceso al laboratorio de materiales (ETSAM).

Por último, a los técnicos del taller de escultura de la Facultad de Bellas Artes UCM, D. José María Heredero y D. Santiago García por su incondicional apoyo técnico ofrecido.

A todos, gracias

*“Tengo la sensación de que la continuidad entre la experiencia del color en la naturaleza y la misma experiencia en el arte es precisamente lo que hace que el color sea tan importante para nosotros, y no sólo para aquellos que se relacionan con la disciplina pictórica.”*

John Gage

## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>AGRADECIMIENTOS.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>11</b> |
| 1. Hipótesis. Delimitación, descripción y resumen.....                      | 15        |
| 2. Objetivos y metodología.....   | 21        |
| <br>  |           |
| <b><u>CAPITULO I. TÉCNICA MINERAL AL SILICATO POTÁSICO.....</u></b>         | <b>27</b> |
| <br>  |           |
| <b>1. TÉCNICA AL SILICATO: ORÍGENES Y PROPIEDADES.....</b>                  | <b>28</b> |
| 1.1 SILICATOS.....  | 29        |
| 1.1.1 El vidrio o silicato insoluble... ..                                  | 29        |
| 1.1.2 Vidrio soluble o silicatos solubles.....                              | 35        |
| 1.1.2.1 Campos de aplicación de los silicatos solubles.....                 | 38        |
| 1.1.3 Pintura al silicato potásico.....                                     | 41        |
| 1.1.3.1 Del descubrimiento del vidrio soluble a la pintura al silicato..... | 41        |
| 1.1.3.2 Murales artísticos al silicato.....                                 | 44        |
| 1.1.3.3 Elección del producto a investigar.....                             | 52        |
| 1.2 PROPIEDADES DE LA PINTURA AL SILICATO POTÁSICO.....                     | 54        |
| 1.2.1 Silicificación o petrificación.....                                   | 54        |
| 1.2.2 Relación con el soporte y permeabilidad.....                          | 58        |
| 1.2.3 Resistencia.....  | 61        |
| 1.2.3.1 Microorganismos y ácidos.....                                       | 61        |
| 1.2.3.2 Fuego. Resistencia al calor, 980° C. Ensayo N° 1.....               | 63        |
| 1.2.4 Pigmentos.....  | 66        |
| <br>  |           |
| <b>2. POLICROMÍA AL SILICATO SOBRE DOLOMÍA.....</b>                         | <b>68</b> |
| 2.1 SILICATOS KEIM SELECCIONADOS E INDICACIONES GENERALES.....              | 70        |
| 2.1.1 K. Restauro-Lasur (específico veladuras) .....                        | 73        |
| 2.1.1.1 Composición y procedimiento.....                                    | 73        |
| 2.1.1.2 Veladuras de color, proceso y observaciones. Ensayos N° 2 y 3.....  | 75        |
| 2.1.1.3 Capas cubrientes, proceso y observaciones. Ensayo N° 4.....         | 81        |
| 2.1.1.4 Colores. Ensayo N° 5. (Muestras de referencia).....                 | 84        |
| 2.1.1.5 Obras pintadas. Ensayo N° 6.....                                    | 87        |

|  |     |
|--|-----|
| 2.1.2 K. Dekorfarben (Técnica B).....  | 93  |
| 2.1.2.1 Composición y procedimiento. ....  | 93  |
| 2.1.2.2 Veladuras de color, proceso y observaciones. Ensayo N° 7.....              | 95  |
| 2.1.2.3 Capas cubrientes, proceso y observaciones. Ensayo N° 8.....                | 98  |
| 2.1.2.4 Colores. Ensayo N° 9.....  | 101 |
| 2.1.2.5 Obras pintadas.....  | 103 |
| 2.1.3 K Künstlerfarben (técnica A). ....   | 104 |
| 2.1.3.1 Composición y procedimiento. Ensayo N° 10.....                             | 104 |
| 2.1.3.2 Veladuras de color y capas cubrientes. Ensayo N° 11.....                   | 108 |
| 2.1.3.3 Colores. Ensayo N° 12.....   | 111 |
| 2.1.4 Comparación de las tres técnicas investigadas.....                           | 113 |
| 2.1.5 Imprimación al silicato potásico.....  | 116 |
| 2.1.5.1 Superposición de capas. Ensayo N° 13. ....                                 | 116 |
| 2.1.5.2 Absorción de micro-gotas. Ensayo N° 14.....                                | 120 |
| 2.1.6 Resistencia intemperie. Ensayo N° 15.....                                    | 128 |
| 2.1.7 Informe técnico. Silicato y dolomía.....                                     | 140 |
| 2.1.7.1 Resistencia a la fricción. Ensayo N° 16.....                               | 140 |
| 2.1.7.2 Observaciones sobre resistencia a la fricción.....                         | 141 |
| 2.1.7.3 Soporte.....   | 142 |
| 2.1.7.4 Técnica apropiada para dolomía de Bernuy                                   |     |
| Ensayo N° 17. Keim Künstlerfarben, Técnica A.....                                  | 144 |
| 2.1.7.5 Número de capas superpuestas. Ensayo N° 18.....                            | 148 |
| 2.1.7.6 Petrificación y factores que intervienen. ....                             | 151 |
| 2.2 OTROS SILICATOS SOBRE DOLOMÍA.....   | 152 |
| 2.2.1 Pintura al silicato lista al uso (Sylitol Volltonfarben). Ensayo N° 19. .... | 152 |
| 2.2.2 Pintura pastada. Silicatos líquidos (Manuel Riesgo). Ensayo N° 20.....       | 154 |
| 2.2.3 Fijación posterior: Silicato Potásico.....                                   | 156 |
| 2.2.3.1 Pigmentos Winsor & Newton. Ensayo N° 21.....                               | 157 |
| 2.2.3.2 Pigmentos Agroquímicas del Vallés. Ensayo N° 22.....                       | 160 |
| 2.2.3.3 Exposición de probetas a la intemperie. Ensayo N° 23.....                  | 162 |
| 2.3 ESCULTURA EN DOLOMÍA POLICROMADA AL SILICATO. Ensayo N° 24.....                | 167 |

**CAPITULO II. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y SILICATO.....179**

|  |     |
|--|-----|
| <b>3. HIDROFUGACIÓN</b> .....  | 180 |
| 3.1 RESINA DE SILICONA.....  | 181 |
| 3.2 HIDROFUGANTE DE RESINA DE SILICONA SOBRE DOLOMÍA.....  | 186 |
| 3.2.1 Características de aplicación.....   | 186 |
| 3.2.2 Hidrofugante y dolomía policromada al silicato. Ensayo N° 25 y 26.....                         | 190 |
| 3.2.3 Exposición a la intemperie. Ensayo N° 27.....  | 198 |
| <b>4. CAMBIANDO EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE LA DOLOMÍA<br/>    POLICROMADA AL SILICATO</b> .....      | 200 |
| 4.1 PRODUCTOS.....   | 201 |
| 4.2 COMPROBACIONES.....  | 207 |
| 4.2.1 Sin infrapintura.....  | 207 |
| 4.2.1.1 Productos aplicados sobre papel secante. Ensayo N° 28.....                                   | 207 |
| 4.2.1.2 Productos aplicados sobre dolomía de Bernuy. Ensayo N° 29.....                               | 208 |
| 4.2.2 Con infrapintura al silicato.....  | 210 |
| 4.2.2.1 Productos aplicados sobre K. Künstlerfarben (técnica A) Ens. N° 30.....                      | 210 |
| 4.2.2.2 Productos aplicados sobre Restauro Lasur. Ensayo N° 31.....                                  | 213 |
| <b>5. TRANSFERENCIA DE IMÁGENES DIGITALES A DOLOMÍA</b> .....  | 215 |
| 5.1 MEDIOS PARA REALIZAR LAS TRANSFERENCIAS.....   | 216 |
| 5.1.1 Imágenes digitales empleadas.....  | 216 |
| 5.1.1.1 Impresión de tinta e impresión láser.....  | 216 |
| 5.1.1.2 Resistencia a la luz solar. Ensayo N° 32.....  | 218 |
| 5.1.2 Productos utilizados para realizar las transferencias.....                                     | 222 |
| 5.1.2.1 Medio orgánico: Resinas acrílicas.....   | 222 |
| 5.1.2.2 Medio inorgánico: Silicato potásico.....   | 224 |
| 5.1.3 Procedimientos.....  | 224 |
| 5.1.3.1 Transferencia indirecta TC, por adhesión de calcomanía.....                                  | 225 |
| 5.1.3.2 Transferencia directa TD, Imagen inversa.....  | 226 |
| 5.2 TRANSFERENCIA DE IMAGEN DIGITAL CON MEDIOS ACRÍLICOS.....  | 229 |
| 5.2.1 TD. Método de transferencia directa. ....  | 229 |
| 5.2.1.1 Imágenes impresas en: fotocopia B/N, láser, off set, tinta<br>Ensayos N° 33, 34, 35, 36..... | 229 |
| 5.2.1.2 Productos de acabado en la transferencia de impresión de tinta<br>Ensayos N° 37 y 38.....    | 234 |
| 5.2.2 Método de transferencia por calcomanía. TC.....  | 237 |

|   |            |
|---|------------|
| 5.2.2.1 Impresión fotocopia láser color e impresión de tinta. Ensayo N° 39..... | 237        |
| 5.2.3 Desprendimiento de la transferencia. Ensayo N° 40.....                    | 238        |
| 5.2.4 Hidrofugación, tratamientos previo y posterior. ....                      | 240        |
| 5.2.4.1 Disminución de la porosidad, Ensayo N° 41.....                          | 240        |
| 5.2.4.2 Hidrofugación e inmersión. Ensayo N° 42. ....                           | 242        |
| 5.2.4.3 Intemperie. Ensayo N° 43.....   | 244        |
| 5.3 TRANSFERENCIA DE IMAGEN DIGITAL CON SILICATO POTÁSICO.....                  | 247        |
| 5.3.1 Primeros ensayos de transferencia.....                                    | 247        |
| 5.3.1.1 Keim-Fixativ (Técnica B). Ensayo N° 44.....                             | 249        |
| 5.3.1.2 Spezial Fixativ. Ensayo N° 45.....                                      | 250        |
| 5.3.1.3 K. Fixativ y primal al 50%. Ensayo N° 46.....                           | 250        |
| 5.3.1.4 Silicato sódico (M. Riesgo). Ensayo N° 47.....                          | 251        |
| 5.3.1.5 Keim Fixiermittel (Técnica A). Ensayo N° 48.....                        | 252        |
| 5.3.1.6 Silicato potásico (M. Riesgo). Ensayo N° 49.....                        | 252        |
| 5.3.2 Impresión de tinta y transferencia directa TD.....                        | 257        |
| 5.3.2.1 Tipo de papel. Ensayo N° 50 y 51. ....                                  | 257        |
| 5.3.2.2 Adhesión del papel de impresión de tinta. Ensayo N° 52.....             | 261        |
| Superficies rugosas y capa posterior de silicato. Ensayo N° 53.....             | 262        |
| Tratamiento previo y posterior de imagen adherida. Ensayo N° 54.....            | 263        |
| 5.3.2.3 Tratamientos posteriores y previos a la transferencia directa TD.....   | 265        |
| Posteriores. Ensayo N° 55.....  | 265        |
| Previos. Ensayo N° 56.....  | 268        |
| 5.3.2.4 Intemperie. Ensayo N° 57.....   | 269        |
| 5.3.3 Impresión láser y transferencia indirecta TC.....                         | 273        |
| 5.3.3.1 Transferencia por calcomanía. Ensayo N° 58.....                         | 273        |
| 5.3.3.2 Eliminación de la capa plástica .....                                   | 275        |
| Por arrancado. Ensayo N° 59.....  | 275        |
| Por disolución. Ensayo N° 60.....   | 277        |
| Por agente desmoldeante. Ensayo N° 61 y 62.....                                 | 278        |
| 5.3.3.3 Intemperie. Ensayo N° 63.....   | 284        |
| 5.3.4 Imágenes de mayor tamaño. Ensayo N° 64.....                               | 287        |
| <b>6. ADHESIÓN DE LÁMINA METÁLICA CON SILICATO POTÁSICO.....</b>                | <b>294</b> |
| 6.1 MATERIALES.....   | 294        |
| 6.2 PRUEBA DE ADHESIÓN. Ensayo N° 65.....                                       | 297        |
| Transferencia sobre lámina metálica. Ensayo N° 66.....                          | 299        |
| 6.3 INTEMPERIE. Ensayo N° 67.....   | 300        |
| Lámina metálica y superficie hidrófoba. Ensayo N° 68.....                       | 303        |



|   |     |
|---|-----|
| <b><u>III. CONCLUSIONES</u></b>   | 305 |
| 7.1 Técnica mineral al silicato potásico y dolomía                                  | 307 |
| - Silicato potásico   | 307 |
| - Pinturas al silicato ensayadas  | 311 |
| - Comprobaciones varias   | 314 |
| 7.2 Tratamientos superficiales y silicato   | 317 |
| - Hidrofugación e hidrofugante de siloxanos   | 317 |
| - Cambiando el índice de refracción de la dolomía policromada al silicato           | 319 |
| - Transferencia de imágenes digitales a dolomía                                     | 321 |
| Silicato potásico como medio de transferencia                                       | 323 |
| 7.3 Anexos  | 327 |
| - Dolomía de Bernuy como soporte escultórico  | 327 |
| - Otros soportes inertes y pintura al silicato                                      | 229 |
| - Otras técnicas pictóricas sobre dolomía   | 330 |
| - Antecedentes y estado actual del tema   | 331 |
| <b><u>IV. ANEXOS</u></b>  | 335 |
| <b><u>Anexo I. Antecedentes. Color en el desarrollo escultórico</u></b>             | 337 |
| I.1 Policromía en piedra de las esculturas históricas                               | 338 |
| I.1.1 Armonía Egipcia   | 339 |
| I.1.2 Grecia y Roma, escultura en color oculta                                      | 351 |
| I.1.3 Época medieval. Los colores y la escultura en el Gótico y Románico            | 377 |
| I.2 Color y volumen en la escultura   | 397 |
| <b><u>Anexo II. Dolomía de Bernuy como soporte escultórico</u></b>                  | 413 |
| II.1 Dolomía de Bernuy  | 414 |
| II.1.1 Caracterización petrográfica de la Dolomía de Bernuy                         | 417 |
| II.1.2 Cantera y extracción   | 425 |
| II.1.3 Deterioro natural de la piedra. Factores                                     | 429 |
| II.2 Técnica y metodología para esculpir en dolomía                                 | 435 |
| II.2.1 Trabajo en piedra. Elección del bloque, roturas y realización de una imposta | 435 |
| II.2.2 Métodos  | 441 |
| II.2.2.1 Esculpir la piedra mediante “talla directa”                                | 441 |
| II.2.2.2 Métodos manuales de copia del boceto                                       | 444 |
| II.2.2.3 Pantógrafo   | 447 |

|   |     |
|---|-----|
| II.2.3 Herramientas.....  | 454 |
| II.2.3.1 Desbaste (radial, escafilador, puntero).....                       | 455 |
| II.2.3.2 Trabajo intermedio (gradina, cincel, calados).....                 | 459 |
| II.2.3.3 Acabado (bujarda, escofinas, lijado).....                          | 462 |
| II.3 Realización de escultura en dolomía para su policromado al silicato.   |     |
| Procedimiento del sacado de puntos.....                                     | 465 |
| <b><u>Anexo III. Otros soportes inertes y pintura al silicato</u></b> ..... | 487 |
| III.1 Soportes pétreos.....   | 488 |
| Otras piedras. Ensayo N° 69. ....   | 489 |
| Escultura en piedra arenisca policromada. Ensayo N° 70. ....                | 493 |
| III.2 Cerámica.....   | 495 |
| Plaquetas. Ensayo N° 71 y N° 72. ....                                       | 495 |
| Escultura en terracota policromada. Ensayo N° 73 . ....                     | 497 |
| <b><u>Anexo IV. Otras técnicas pictóricas sobre dolomía</u></b> .....       | 501 |
| IV.1 Productos (óleo, alquídico, H2Oil, Acrílico, Spray).....               | 505 |
| Intemperie. Ensayo N° 74.....   | 507 |
| Inmersión de las probetas. Ensayo N° 75.....                                | 513 |
| IV.2 Oleaginosidad de los productos. Ensayo N° 76.....                      | 515 |
| <b><u>Anexo V. Fichas Técnicas</u></b> .....                                | 519 |
| V.1 Productos al silicato potásico keim.....                                | 520 |
| V.2 Resina de silicona, Lotexan N.....                                      | 533 |
| V.2 Resina acrílica Transcyl.....   | 535 |
| <b><u>V BIBLIOGRAFÍA</u></b> .....  | 537 |
| Documentos electrónicos.....  | 544 |

## **INTRODUCCIÓN**



**L**os objetos, al ser iluminados, hacen que el cerebro perciba infinidad de formas, volúmenes, colores, matices y sensaciones; pero frecuentemente lo cotidiano limita la consciencia, e impide apreciar lo que nos significa estar vivos, y el perfecto e increíble funcionamiento del ser humano.

En algunas esculturas el color es un elemento esencial que influye directamente en el valor artístico de la pieza escultórica. Apreciado por ejemplo en las cuidadas policromías de las esculturas de múltiples periodos históricos (época egipcia, griega o gótica), pero también como elemento artístico muy importante y que está presente en la diversidad cromática de la escultura contemporánea. Sin embargo, cuando el volumen se ha realizado de forma esmerada, la escultura, aún sin la información del color seguirá siendo admirable, pero inevitablemente las sensaciones que transmite al observador habrán variado irremediablemente. También es cierto que algunas esculturas no admiten en su composición una combinación de colores, ya que su máximo esplendor físico es aportado de forma única y absoluta por el volumen.

La técnica de policromía de escultura en piedra ha sido un recurso muy extendido y utilizado en todas las culturas, pero que especialmente ha disfrutado de una serie de épocas de mayor esplendor, como son la época egipcia, griega, románica y gótica (Ver Anexo N° I: Antecedentes. Color en el desarrollo escultórico). Y es que el sentimiento artístico humano se ha expresado de forma universal mediante manifestaciones de color en la escultura, realizado en la mayoría de los casos sin prejuicios estéticos, excepto en algunas épocas en que estas manifestaciones fueron despreciadas en la cultura occidental por parte de algunos sectores sociales.

En España la palabra “policromía” se suele relacionar de forma inconsciente con la escultura religiosa figurativa tallada en madera, lo que puede ocasionar ciertos prejuicios a la técnica. No obstante, en la actualidad la palabra escultura engloba manifestaciones tan sumamente variadas que no existe ningún punto de apoyo para desprestigiar procedimientos, ni tipos concretos de manifestaciones artísticas por considerarlos “anticuados”; principalmente porque la persona que realiza una obra de arte en el siglo XXI, siempre ofrecerá una visión y expresión actual, independientemente de la técnica, representación o material utilizado. Mientras que el principal objetivo del artista es la creación de una obra de arte con capacidad para conmover al espectador, o fomentar su curiosidad y admiración, de forma que enriquezca su visión y capacidad de reflexión ante la vida.

Según los datos de análisis de esculturas en piedra policromadas restauradas, los procedimientos tradicionales empleados para la policromía de la piedra solían ser los mismos que los utilizados en la policromía de madera, aunque en muchas ocasiones los resultados de los análisis son confusos ya que las piezas solían repintarse sucesivamente con técnicas diversas. Además, la bibliografía sobre policromía de escultura en piedra es muy escasa, las indicaciones técnicas sobre métodos empleados tradicionalmente son difíciles de localizar, y los datos relativos a materiales, fórmulas, proporciones y metodología suelen ser vagos e imprecisos, lo que imposibilita una reconstrucción fidedigna de estas técnicas tradicionales.

Sin embargo el escultor actual está preparado para manejar materiales diversos y crear una obra de arte única, es ambivalente y no se especializa en un solo campo. Ni siquiera se encierra en su taller ya que está obligado a salir, a promocionarse, a viajar, y sobre todo a actuar en el campo económico, cultural e intelectual de la sociedad que le rodea; lo cual le obliga a adaptarse a las tecnologías y medios contemporáneos. Actualmente la piedra es uno de los materiales escultóricos que precisa ser tratado, actualizado y potenciado de una forma renovada y adaptada a la época actual.

Un punto muy importante para el escultor es conocer materiales y procedimientos adecuados para aportar color a la escultura, de lo contrario habrá de conformarse con un acabado escultórico monótono y falto de originalidad en piezas en las que su calidad artístico-escultórica puede ser potenciada mediante el uso de policromía, pátinas de color o veladuras diversas.

Por todo esto es preciso desarrollar estudios técnicos e investigaciones sobre materiales, técnicas y procedimientos como la que se ha llevado a cabo en esta tesis, dirigidos fundamentalmente a ampliar los conocimientos y recursos escultóricos; de modo que partiendo de los conocimientos tradicionales, se utilicen adecuadamente los medios actuales tanto en el desarrollo artístico como en la conservación de la pieza escultórica.

# 1. HIPÓTESIS. DELIMITACIÓN, DESCRIPCIÓN Y RESUMEN.

## ***Hipótesis***

El estudio técnico y de aplicación de policromía pictórica mediante técnicas actuales sobre escultura en piedra, es un tema inédito. La hipótesis principal ha sido la utilización de productos manufacturados actuales para la policromía de escultura en piedra, susceptibles ambos, tanto piedra como policromía, de presentar buena resistencia a la intemperie así como variedad de opciones para su acabado artístico.

El tema parte de la tesina realizada con título *Volumen y Color Escultórico*<sup>1</sup>. En ella se investigaron técnicas tradicionales como acuarela, temple al huevo, óleo, encáustica y algunos productos orgánicos contemporáneos como acetato de polivinilo y resina alquídica sobre dolomía. Previamente también se realizaron varios estudios monográficos inéditos sobre policromía aplicada, óleo sobre relieve escultórico en alabastro o pintura encáustica en caliente sobre dolomía, de los cuales se obtuvieron resultados realmente interesantes.

## ***Delimitación***

### *Piedra*

Para la selección de la piedra se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Tener buena resistencia mecánica y una compactación adecuada que permita ser esculpida fácilmente de modo manual y un buen acabado de detalle superficial.
- Presentar una porosidad, tono uniforme y acabado superficial adecuado para la policromía.
- Ser una piedra asequible, fácil de conseguir por el escultor y de localización en la península ibérica.
- Poder adquirir bloques de tamaño pequeño, medio y grande, incluyendo tamaños monumentales.

---

<sup>1</sup> SANCHEZ DAVIA, A. “Volumen y Color escultórico” Dirección: Pablo de Arriba del Amo. [Tesina inédita]. Departamento de Escultura, Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense, Madrid, 2004.

En principio se consideraron varias opciones, entre ellas: alabastro de Jadraque (Guadalajara), arenisca de Villamayor (Salamanca), dolomía de Bernuy (Segovia), caliza blanca de Novelda (Alicante), caliza rosa de Sepúlveda (Segovia) y caliza blanca de Colmenar (Madrid), también el mármol blanco de Macael (Almería) y el negro de Calatorao (Zaragoza). Todas estas piedras se trabajan más o menos bien en el ámbito escultórico, pero en cuanto a la policromía ha sido necesario estudiar cada caso individualmente.

Tras una serie de comprobaciones, tanto escultóricas como de color con diversas técnicas pictóricas sobre las piedras mencionadas anteriormente, se determinó la elección de la piedra dolomía de Bernuy (Segovia). Siendo la roca que mejor cumple los requisitos escultóricos indicados como: dureza, tenacidad y disponibilidad, y presenta características muy adecuadas como soporte de policromía: porosidad, color y posibilidades de acabado superficial.

### Policromía

El tema color en la escultura es muy genérico, por lo que se ha limitado al estudio de una técnica de policromía pictórica, aplicada ya sea en veladuras y/o capas cubrientes sobre un soporte escultórico pétreo. Por sus características físicas, la piedra ha sido considerada tradicionalmente como un buen soporte para la policromía, sobre todo si presenta cierta porosidad y un tono claro como en el caso de la dolomía.

En principio se consideraron varias técnicas y aparejos para la policromía. Pero fundamentalmente la dolomía de Bernuy no precisa la aplicación de un aparejo o capa de preparación previa a la pintura, ya que su superficie es muy uniforme y compacta, en tal caso sería precisa la aplicación de una capa de imprimación que uniformara su absorción porosa.

Las técnicas tradicionales de policromía pictórica de base orgánica son bastante sensibles a las condiciones atmosféricas, por esta razón se consideró la opción de utilizar un producto que fuera susceptible de ofrecer mayor resistencia a la intemperie, pero que además permitiera unas posibilidades cromáticas y/o expresivas óptimas.

Algunos de los productos estimados fueron: pintura acrílica para artistas y acrílicas micro-porosas específicas para intemperie y recubrimiento de fachadas, pintura en spray industrial, así como productos alquídicos y pinturas de resinas de silicona. Tras un periodo de documentación e información sobre estas técnicas pictóricas, e incluso de investigación práctica con ensayos de productos orgánicos sobre soportes pétreos, se decidió que la técnica



más adecuada sería la utilización de silicato potásico, fundamentalmente por sus características minerales e inorgánicas, transpirables y de resistencia.

El empleo de silicato potásico y su utilización como aglutinante es bastante reciente ya que sólo lleva utilizándose aproximadamente unos cien años, pero es un producto susceptible de aplicación sobre otros materiales escultóricos minerales como pueden ser el cemento o la cerámica, lo cual resulta muy interesante en el ámbito escultórico. Esta técnica es además susceptible de fomentar su desarrollo artístico, mediante la aplicación de color cubriente, veladuras y la realización de pátinas de color artificiales. Siendo un producto inédito en cuanto a la policromía escultórica.

Fundamentalmente es importante potenciar procedimientos que además de permitir su desarrollo artístico aporten protección y conservación a la pieza escultórica. No obstante la exposición de una escultura a la intemperie conlleva su deterioro acelerado, lo cual no ha de limitar o causar prejuicios al artista o escultor que precise aplicar una policromía sobre una escultura en piedra; esto únicamente produciría un atrofiamiento de su capacidad expresiva, especialmente necesaria en el arte del siglo XXI, el cual en muchos casos se caracteriza por ser efímero.

## ***Descripción y resumen***

Esta tesis se ha llevado a cabo durante muchos años de investigación, y es el resultado de un proceso constante de recopilación de datos, información y experimentación con diversos productos, materiales, procesos y técnicas. La tesis se ha escrito según el proceso secuencial de la investigación, es decir, que para llegar a cada uno de los apartados ha sido preciso pasar por las investigaciones de los apartados anteriores, excepto el capítulo de policromado de una escultura que se ha llevado a cabo al finalizar los ensayos, y los capítulos técnicos de los anexos que se han realizado antes y/o durante los ensayos del cuerpo principal de investigación.

La tesis abarca desde materiales a procedimientos, indicados paso a paso, y con abundantes fotografías que facilitan la comprensión del proceso empírico llevado a cabo en los numerosos ensayos realizados. Consta de dos capítulos fundamentales dedicados a los silicatos, productos auxiliares, así como a otros procedimientos de actuación cromática mediante la transferencia de imágenes digitales. Otro capítulo está dedicado a las conclusiones más significativas y por último en el anexo se incluyen unos capítulos esenciales que tratan

desde procedimientos y métodos escultóricos de la dolomía, antecedentes de la policromía sobre piedra y otros soportes pétreos y técnicas orgánicas de policromía investigados.

A continuación se indica un pequeño resumen de cada capítulo:

## **Capítulo I- Silicato Potásico**

*Silicatos y propiedades de la pintura:* Este primer capítulo está dedicado al silicato como producto mineral que es empleado en diversos campos industriales. En él se indican los orígenes de los silicatos, la relación existente entre el vidrio común y el vidrio soluble en agua, así como las principales propiedades de la técnica mineral al silicato potásico, silicificación con el material de base, su origen y obras de referencia de aplicación fundamentalmente en pintura mural.

*Policromía al silicato potásico sobre dolomía:* Se indican distintos productos basados en silicato potásico que han sido seleccionados para realizar los ensayos en esta tesis. En un apartado se verifica su resistencia al fuego sobre plaquetas de cerámica. También se incluyen numerosos ensayos realizados sobre dolomía, con diferentes proporciones de producto y pigmento para concretar datos cuantitativos en la aplicación de veladuras y capas cubrientes. También para tener una primera experiencia con la técnica, así como con los diferentes procedimientos de aplicación (pintura pastada y fijación posterior del pigmento) y comprobar su fijación sobre esta roca. Al final de cada capítulo se indica la gama de pigmentos disponibles para cada técnica y las observaciones más importantes de los ensayos realizados se indican al final de cada sección.

Un informe técnico pormenorizado sobre dudas concretas confirma el procedimiento más adecuado para su uso sobre dolomía, así como diversos datos y observaciones referentes a su aplicación.

Otro punto importante que se trata en este capítulo son los ensayos y observaciones en cuanto absorción y fijación de la capa pictórica, lo que ha sido comprobado mediante diversos ensayos como la resistencia a la fricción, micro-gotas, superposición de capas de imprimación, y el ensayo de dos años de resistencia a la intemperie de diversas plaquetas de dolomía.

*Escultura en dolomía policromada:* Este apartado es muy importante ya que muestra la realización de la policromía al silicato sobre una escultura inédita personal realizada en piedra dolomía, y cuyo objetivo es corroborar el desarrollo final y justificación de la hipótesis

propuesta. Aunque el apartado se encuentra localizado en el cuerpo central de la tesis su redacción y consecución se ha realizado al finalizar todas las pruebas y estudios propuestos.

El proceso técnico escultórico se halla detallado en el Anexo II.

Otros silicatos: Un capítulo final incluye datos referentes a ensayos con otros silicatos y el uso de pigmentos diversos. También ensayos con silicato potásico y sódico genéricos, es decir, no específicos para la preparación de una pintura al silicato, así como el ensayo de resistencia a la intemperie de las probetas propuestas.

## **Capítulo II- Tratamientos superficiales y transferencias**

Hidrofugante de siloxanos: Dedicado a la protección de la capa pictórica realizada con silicato potásico puro que va a ser expuesta a la intemperie, mediante el empleo de un hidrofugante de siloxanos. Se indican datos muy importantes de aplicación e indicaciones del producto empleado, así como una serie de factores imprescindibles para lograr el éxito de la aplicación.

Cambio del índice de refracción: Esta sección se dedica a la utilización de una capa de imprimación sobre la pintura al silicato (la capa de color al silicato actuaría a modo de infrapintura) y el uso posterior de otros productos orgánicos actuales (barnices, hidrofugante, resina) sobre su superficie para lograr un cierto cambio del índice de refracción del silicato y lograr mayor profundidad de color. También para proporcionar una base adecuada para el acabado de la pintura al silicato con otras técnicas pictóricas orgánicas, como por ejemplo óleo en veladura, y así poder utilizar pigmentos que la técnica mineral no permite.

Transferencia de imágenes digitales sobre dolomía utilizando silicato potásico: Se realizan unos ensayos de transferencia sobre dolomía con un medio orgánico como es el Primal, procedimiento que se realiza después con silicato potásico como medio fundamental de transferencia, usando primal como producto transitorio. Este proceso se indica paso a paso con abundantes fotografías y se seleccionaron algunas de las probetas realizar también un ensayo de resistencia a la intemperie. También se incluye un breve apartado dedicado a la adhesión de lámina metálica de oro y plata falsos, así como de oro fino sobre dolomía con silicato potásico, y se indican datos sobre su resistencia.

### Capítulo III- Conclusiones

En este capítulo se indican las conclusiones más importantes y significativas que se han obtenido a lo largo del desarrollo de toda la tesis. En él se trata capítulo por capítulo cada uno de los aspectos investigados y se indican referencias al capítulo en el que se localizan los ensayos o probetas.

### Capítulo IV- Anexos

Anexo I. Antecedentes: Periodos más importantes de la policromía sobre piedra (Egipto, Grecia, Roma, época románica y gótica), su influencia en la policromía escultórica y sus características fundamentales, técnicas y procedimientos llevados a cabo en estas épocas, así como la clasificación de la policromía en la época actual.

Anexo II. Dolomía de Bernuy- soporte escultórico: En este capítulo se trata el trabajo de la dolomía en su desarrollo escultórico, con indicación de herramientas y de procesos técnicos precisos para el trabajo de esta piedra.

Anexo III. Otros soportes inertes y pintura al silicato potásico: Se indican otros soportes ensayados para la utilización de policromía al silicato. Entre las rocas ensayadas están diversos mármoles, calizas y areniscas. También se ha ensayado sobre cerámica, y se incluye una pequeña escultura de barro cocido inédita como obra escultórica personal, policromada con esta técnica.

Anexo IV. Otras técnicas pictóricas: Ensayo realizado con otras técnicas pictóricas sobre dolomía, además de su exposición a la intemperie e inmersión de las probetas para comprobar las características de la capa pictórica.

Anexo V. Fichas técnicas: Fichas técnicas de los principales productos utilizados al silicato potásico.

## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### Antecedentes, bibliografía y documentación

Un primer objetivo es compilar mediante un breve estudio histórico, referencias escultóricas de las épocas de mayor esplendor de la policromía sobre piedra a nivel mundial.

Mostrar fotografías en color de esculturas de piedra policromadas incluyendo piezas completamente inéditas. Estas fotografías en color aportarán importantes referencias visuales necesarias para comprender la interacción entre color y volumen, así como las características de las piezas. Además se incluyen datos sobre técnicas y materiales significativos aplicados en la policromía, lo cual influye decisivamente en la apariencia y características visuales de la pieza escultórica acabada.

Otro objetivo es ampliar las referencias bibliográficas y fuentes documentales sobre policromía en piedra. Para ello se han consultado diversas bibliotecas españolas y sobre todo en el extranjero (British Library, The British Museum-Paul Hamlyn Library y Wimbledon College Library UAL en Londres), con la inclusión de numerosas traducciones de textos diversos.

Numerosas citas refieren a documentación e información consultada en Internet, fundamentalmente aquella sobre materiales, pintura al silicato y técnicas actuales, obras de referencia, así como sobre productos auxiliares como las resinas de silicona, e incluir las fichas técnicas para facilitar el conocimiento de los productos al silicato y también las cartas de colores de los procedimientos propuestos en esta investigación.

También ampliar conocimientos mediante entrevistas y consultas técnicas directas a especialistas en ámbitos de la pintura mineral, restauración, escultura y ciencias químicas. Adjuntando dichos comentarios en el desarrollo de la tesis.

Mediante un breve apartado indicar los tipos de policromías que puede presentar la escultura, también la importancia de la pátina y/o veladura en el acabado policromo de la escultura.

### Análisis empírico - policromía

Principalmente investigar la técnica de policromía mineral, cuyo aglutinante es el silicato potásico sobre un soporte escultórico concreto, la dolomía de Bernuy.

Estudiar las propiedades cubrientes y de veladura de cada uno de los procedimientos de pintura al silicato, su fijación sobre la dolomía y las principales características de la técnica. Para ello se prepararán numerosas probetas de piedra, sobre las que se aplican diversas proporciones de dilución de la pintura al silicato, y distintas técnicas de aplicación según el producto de que se trate. También se realizan diversas comprobaciones, la principal es la estabilidad ante el ensayo de fricción, ya que es indicativo de la capacidad de fijación de la pintura.

Concretar la necesidad o no, de aplicación de imprimación previa al silicato con cada uno de los procedimientos al silicato propuestos, y definir el más adecuado para esta piedra. Fundamentalmente porque la aplicación de silicato potásico como policromía escultórica sobre dolomía es un proceso inédito. Las aplicaciones se realizarán partiendo de conocimientos teóricos y siguiendo las indicaciones de las fichas técnicas, para finalizar con su aplicación práctica. La metodología en otras ocasiones es la aplicación y empleo de productos de forma independiente y experimental.

Todos los procesos se explicarán detalladamente y paso a paso, mientras que los resultados de las muestras y de los ensayos se analizarán en las observaciones incluidas al final de cada apartado. Para facilitar la comprensión se incluirá extensa documentación fotográfica, imprescindible además para mostrar la apariencia cromática y resultados de cada una de las pruebas y propuestas.

Indicar las ventajas e inconvenientes de la técnica, así como las posibilidades artísticas del procedimiento para la posterior realización de una policromía sobre escultura en piedra. También establecer factores concretos, que puedan predecir si es una técnica de policromía que se pueda aplicar por ejemplo sobre otras piedras o sobre otros soportes escultóricos inertes (cerámica o morteros).

En la policromía de escultura es bastante significativo el empleo de pátinas y superposición de colores en veladura. Por ello se incluirá un estudio realizado con productos orgánicos susceptibles de cambiar el índice de refracción de la pintura, todos ellos comercialmente accesibles y de comprobada calidad utilizados actualmente en el ámbito artístico. En las probetas de referencia se indicarán resultados de impermeabilidad y

comprobaciones sobre la superficie tratada, todo ello con el fin de seleccionar los productos que se estimen más adecuados, estableciéndose un cierto orden y/o posibilidades de aplicación, así como posibles incompatibilidades.

Prestar especial atención a la protección y conservación tanto del material pétreo como de la policromía mediante con el empleo de los productos adecuados que preserven la pieza de los factores degradantes. El producto seleccionado para ello es un hidrofugante de resina de silicona, que protege al material escultórico del agente deteriorante más dañino, la humedad. Se indican además sus limitaciones, uso adecuado y correcta aplicación.

Para comprobar la resistencia de la técnica mineral a la intemperie se realizan ensayos de las probetas ante condiciones climáticas adversas y extremas (insolación, suciedad, hielo, lluvia, humedad, cambios de temperatura, etc); también se someten a este ensayo otras probetas seleccionadas puntualmente. Se indicarán todos los datos tomados y observaciones específicas de ensayos y probetas.

Experimentar con otras técnicas pictóricas actuales (acrílicos, H<sub>2</sub>Oil, óleo, alquídicos, spray), para contrastar los resultados con los de la pintura inorgánica. Comprobar si es conveniente utilizarlos como capa de acabado y complemento de la pintura al silicato. La finalidad es aportar mayor variedad cromática a la técnica, empleo de veladuras, aumento de la profundidad de color o aplicación de pátinas de color complejas; aunque su uso limite la ubicación de la escultura a ambientes exteriores protegidos de condiciones adversas. También se expondrán unas probetas pintadas con estas técnicas a la intemperie.

Para variar el aspecto de la pintura al silicato se estudiarán productos, que sin aportar un brillo excesivo, se puedan utilizar sobre la pintura mineral y aumenten la profundidad e intensidad de color realzando los oscuros. Establecer productos físicamente compatibles como barnices, imprimación y capas pictóricas, que permitan, partiendo del conocimiento de los resultados y teniendo en cuenta las incompatibilidades, una aplicación libre que genere mayores iniciativas cromáticas.

Comprobar experimentalmente las propiedades del silicato potásico como adhesivo inorgánico para realizar transferencias sencillas de imágenes digitales a la dolomía. Esta opción ampliaría las posibilidades cromáticas en el uso de silicato potásico sobre la piedra, y se contrastarían con los resultados obtenidos si utilizamos un adhesivo orgánico. Se llevarán a cabo distintas comprobaciones y probetas con diferentes imágenes y silicatos hasta que el resultado sea concluyente, indicando resultados, productos y metodología de aplicación. Ante resultados positivos, y si es necesario, se aplicarán previa o posteriormente alguno de los

productos experimentados en la tesis, tales como hidrofugantes, productos orgánicos, grasos, etc. Un punto que no se va a desarrollar en esta tesis es el estudio de imágenes o tintas de impresión resistentes a la luz ni estudios microscópicos o químicos de los resultados, ya que son temas que se apartan del campo científico de investigación de esta tesis.

Por último utilizar el silicato potásico como adhesivo de láminas metálicas y de oro fino para aumentar la gama de posibilidades cromáticas y expresivas de la escultura. Se realizarán unas probetas y se expondrán a la intemperie, indicando resultados como: apariencia, idoneidad, procedimiento de aplicación y resistencia.

### Soporte escultórico

Estudiar la aptitud del soporte escultórico y determinar las posibilidades escultóricas de la piedra seleccionada (Dolomía de Bernuy), estudiando hasta qué punto la piedra permite un acabado tosco o la realización de detalles de filigrana.

Indicar sus principales características físico-químicas, peculiaridades y localización. Incluir el informe específico del análisis petrográfico de la dolomía de Bernuy, y datos detallados sobre herramientas, así como sobre la metodología del trabajo de talla.

Esculpir una piedra es un proceso técnico sustractivo que no admite correcciones en caso de equivocación, por ello se indicarán los procedimientos más importantes adecuados al trabajo de la dolomía y efectivos en cuanto a copia de un modelo complejo en piedra.

Indicar los principales factores degradantes que inciden en el deterioro de esta piedra, ya que aunque la piedra se considera tradicionalmente un material definitivo y duradero, cuando se expone a la intemperie no lo es. Por lo que será preciso que la policromía aporte protección al soporte así como resistencia a la intemperie.

Incidir en la importancia de la concepción del volumen de la escultura a la vez que se desarrolla su idea cromática, ya que escultura y policromía no son dos factores que se conciben por separado, y fundamentalmente valorar el desarrollo conceptual de la escultura mediante la aportación de connotaciones enriquecedoras por medio del color.



### Propuesta escultórica final

Aplicación empírica de los resultados más significativos en el policromado con pintura al silicato sobre una escultura original y personal en dolomía de Bernuy, esculpida específicamente para el desarrollo final de la hipótesis. Se realizará con la técnica al silicato más adecuada resultado de la investigación llevada a cabo en las pruebas.

Con esta propuesta se pretende experimentar la técnica mineral en una escultura definitiva. Es un paso práctico fundamental y necesario para cotejar datos de mezclas de color, y de consecución de una propuesta escultórica, objetiva y concreta, ya que partirá de una imagen concreta para la realización de la pieza escultórica con unos datos específicos de color a aplicar mediante la policromía. Para la realización de la pieza escultórica se valorará previamente la relación volumen-color en la composición de la pieza, ya que no todas las esculturas admiten una combinación de colores con éxito. Si en una escultura el color entra en conflicto con el volumen se atenúan y empobrecen los valores conceptuales y monumentales de la pieza, quedando falta de expresividad y con un resultado trivial y simple.

Indicar todo el proceso escultórico, desde la preparación del modelo y herramientas utilizadas, hasta la metodología técnica del sacado de puntos para realizar la copia de la pieza ya que ha de ser una representación fidedigna del modelo propuesto. Se incluirá información fotográfica de todo el proceso, desde la preparación de la escultura hasta el procedimiento y aplicación de la policromía mineral.

### Repercusiones en el área escultórica y formulación de pautas técnicas para el desarrollo de un nuevo concepto expresivo

Se pretende ofrecer una aportación contemporánea a las técnicas de policromía sobre piedra tradicionales con el fin de ampliar las posibilidades escultóricas mediante el empleo del color. Con el uso de una técnica actual, de fácil manipulación y adecuada a las necesidades plásticas del momento se espera actualizar el tema de la “policromía”, así como aportar protección a la escultura con expectativa de mejorar la duración tanto de la policromía como de la dolomía. Los productos serán de producción contemporánea, idóneos para dolomía y fácilmente accesibles para cualquier persona.

Mediante indicaciones técnicas y posibilidades de trabajo abiertas, se espera potenciar la policromía pictórica en la escultura para que el escultor pueda manipular el espacio bidimensional cromático de su pieza mediante veladuras y pátinas, ya sean aplicadas en forma de policromía o en un único color sobre la escultura. Así, partiendo del conocimiento y

características de los productos y su proceso, promover su uso en la formulación de un nuevo concepto expresivo de policromía sobre escultura. También para potenciar la labor de esculpir la piedra, que aún siendo un proceso laborioso, ofrece unos resultados muy fructíferos si se aborda con los conocimientos y medios precisos, e imprescindible de conocer para el acabado de una pieza en el caso del uso del pantógrafo.

Esta investigación pretende ser de utilidad tanto a personas experimentadas en el área escultórica como para los que se inician en los procedimientos de volumen y color. Por lo que se indican datos específicos empíricos sobre probetas, ensayos y procedimientos de un modo detallado; también sobre materiales, utilización, proporciones y análisis de los resultados, en un trabajo que presta especial atención a la investigación y desarrollo práctico. Se incluyen variables tan interesantes como son la utilización de aglutinantes inorgánicos, productos orgánicos, protección de la piedra a la intemperie y variación del índice de refracción, imágenes transferidas o láminas metálicas adheridas, datos sobre duración, estabilidad cromática o inconvenientes de aplicación.

Se espera además que este procedimiento de policromía investigado tenga repercusión sobre el acabado y posibilidades cromáticas de otros materiales escultóricos inertes (cerámica, otras piedras o morteros utilizados para el positivado de moldes) todos ellos susceptibles de soportar policromías al silicato potásico. Con este aspecto la policromía al silicato no sólo se podría utilizar sobre unas piedras concretas, sino que sería posible aplicarlo sobre piezas extraídas de un molde o modeladas directamente como en el caso de la terracota o cerámica, lo que daría lugar a nuevas e interesantes líneas de investigación.

Con este breve resumen, a continuación se va a dar paso a la exposición pormenorizada de los capítulos esta tesis, resultado de muchos años de estudio y de un proceso de investigación continuo; desarrollado a partir de los resultados positivos obtenidos en cada uno de los puntos estudiados, con una exposición clara, evolutiva y progresiva de los resultados.

Por último agradecer, y animar a todas las personas en la lectura de esta tesis, ya que uno de los objetivos que además se pretende lograr, es que contribuya al enriquecimiento artístico y personal relacionado con la escultura y el color, así como del conocimiento de técnicas y materiales desde el punto de vista del artista como emisor de valores humanos. Y recordar que, el color de los objetos, al ser iluminados, hacen que nuestro cerebro perciba infinidad de formas, volúmenes, colores, matices y sensaciones, enriquecidos como en la escultura con otros valores conceptuales, siendo todo ello parte de nuestra vida cotidiana.

## **CAPITULO**

### **I**

## **TÉCNICA MINERAL AL SILICATO POTÁSICO**

*Técnica al silicato: orígenes y propiedades*

*Policromía al silicato sobre dolomía*

*Escultura en dolomía policromada al silicato*

## **1. TÉCNICA AL SILICATO. ORÍGENES Y PROPIEDADES**

**L**a técnica al silicato es poco conocida en el ámbito pictórico, e inédita en la policromía escultórica, fundamentalmente porque son escasos los tratados técnicos que recogen este procedimiento. Además los productos específicos han de adquirirse en establecimientos especializados ya que no es posible su producción de forma artesanal.

Su característica principal es que aportan al soporte un revestimiento de color que es poroso y transpirable a diferencia de las pinturas acrílicas que forman una capa de plástico que envuelve a las partículas de pigmento. Esta técnica es susceptible de ser utilizada sobre diversos soportes escultóricos cuya composición sea principalmente mineral.

La técnica llamada “al silicato” toma el nombre del propio aglutinante, el silicato potásico, y la reacción química específica que se produce en esta técnica es llamada de “silicatización, silicificación o petrificación”, proceso mediante el cual el producto reacciona, y el pigmento queda fijado al soporte mineral.

Al silicato potásico y al silicato sódico se les denomina también como “vidrio soluble”, principalmente porque las materias primas utilizadas para su obtención son específicas en la producción de vidrio, y soluble porque presenta la peculiaridad de ser un producto soluble en agua.

A lo largo de este capítulo se van a aportar los datos necesarios para comprender el procedimiento, materiales y técnica de pintura al silicato, punto esencial para desarrollar esta técnica de policromía en escultura.

## 1.1 SILICATOS

A modo de prólogo indicar la definición química genérica de los silicatos, siendo: *“combinaciones del ácido silícico con bases, las cuales son las más frecuentes la potasa, sosa, cal, magnesia, hierro y alúmina. Pueden estar formados por una o varias de estas bases, y el número de especies que resultan de las posibles combinaciones de sus componentes y de las relaciones entre ellos es muy grande. Muchos silicatos son importantes, porque son elementos esenciales de rocas muy abundantes [...]”*<sup>1</sup>. Indicar por tanto que los silicatos constituyen numerosos minerales, siendo origen de un sinfín de formulaciones y enlaces químicos. Entre los silicatos naturales se encuentran los feldespatos, zeolitas, caolín, arcilla, olivino, micas, talco, granate, calamina, topacio, esmeralda, etc. Los silicatos artificiales son aquellos creados por la mano del hombre, por ejemplo los silicatos solubles, vidrio común, cementos y cerámicas.

### 1.1.1 EL VIDRIO O SILICATO INSOLUBLE

El vidrio es un material muy utilizado a lo largo de la historia, según estudios arqueológicos, existen restos vítreos que datan de unos 5000 años a.C. En la época egipcia se desarrolló la técnica de transformación del vidrio, utilizándose para la elaboración de recipientes, artículos suntuosos, adornos personales y para la preparación de adhesivos. En su formulación empleaban arena de cuarzo y el natrón<sup>2</sup>, siendo éste último carbonato sódico de origen natural (proporción de natrón utilizada del 5 al 10 %)<sup>3</sup>.

*“Los únicos álcalis conocidos por los antiguos Egipcios eran (a) potasio impuro o carbonato de sodio en forma de cenizas de plantas, y (b) carbonato de sodio y bicarbonato en la forma de natrón; una simple adición de cualquiera de éstos hubiera sido inútil, ya que ninguna de ellas es un adhesivo. Aunque, sin embargo, ambos carbonatos potásico y sódico se combinarán químicamente con el cuarzo cuando son fuertemente calentados, formando silicatos sódico o potásico, un gran número de experimentos fueron realizados con el natrón seco pulverizado y el polvo de cuarzo, el último obtenido por filtrado muy fino de los granos de cuarzo [...] Los experimentos*

---

<sup>1</sup> BRAUNS, R. *Mineralogía*. Sección XII, Ciencias naturales N° 135. Barcelona; Buenos Aires: Labor, 1927. p. 168.

<sup>2</sup> **Natrón.** “**1. m.** Sal blanca, translúcida, cristalizable, eflorescente, que se halla en la naturaleza o se obtiene artificialmente. Es el carbonato sódico usado en las fábricas de jabón, vidrio y tintes. **2. m.** Cenizas de la barrilla.”. **Barrilla.** “**1.f.** Planta de la familia de las *Quenopodiáceas*, [...] que crece en terrenos salados y cuyas cenizas, contienen sales alcalinas, sirven para obtener la sosa”. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA DE LA LENGUA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española [En línea] 22ª Ed. Madrid: Real Academia de la Lengua Española, 2003. <http://buscon.rae.es/draeI> [Consulta: Junio 2008]

<sup>3</sup> LUCAS, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*. 4<sup>th</sup> Ed. (revised and enlarged by J.R. Harris). London: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1962. p. 177.

*fueron, por lo tanto, hechos con una solución de natrón, y se encontró que a cuenta de la extrema fineza del polvo de cuarzo cualquier solución, incluso el agua, le confería un ligero grado de plasticidad, y que con una fuerte solución de natrón la plasticidad era suficiente para que el cuarzo pudiera ser echo en una pasta que con cuidado podía ser moldeado en formas aproximadas, las cuales, con un secado parcial, podían ser más formadas con un instrumento en punta, y que cuando estaba seco podía ser manipulado sin daños y por lo tanto podía ser cocido y barnizado.”<sup>4</sup>*

Desde su descubrimiento, el vidrio ha tenido un lento y sistemático proceso de desarrollo. A partir de la Revolución Industrial se producen avances significativos en su producción, fabricación e investigación, lográndose nuevos productos. Pero no será hasta el siglo XX, cuando se produce la verdadera “revolución científico-técnica”, en el que se impulsa el desarrollo tecnológico del vidrio y de materiales compuestos, se renuevan los procesos de producción industrial, y aumentan sus campos de aplicación (lana y fibras de vidrio, vidrios cerámicos, bloques y baldosas, fibras ópticas, fuentes de luz, vidrios ópticos, fotosensibles, etc.)

Las características físicas, químicas y estructurales del vidrio producido dependen de la calidad de la materia prima empleada, proporciones de mezcla y proceso de elaboración. Actualmente la industria y fabricación de vidrio es muy extensa, y está orientada a conseguir unos materiales complejos con características concretas adecuadas al sector al que están dirigidos.

Una de las definiciones de vidrio más acertada es la que nos ofrece A. Mari: “Los vidrios son materiales sólidos que se obtienen por enfriamiento rápido de una masa fundida, impidiendo su cristalización” <sup>5</sup>. Es importante y curioso conocer por qué en el vidrio no se produce la cristalización del sólido. Para ello han de diferenciarse las propiedades de los cristales que forman los sólidos cristalinos de las propiedades del vidrio.

### **Propiedades de los cristales que forman los sólidos cristalinos**

1. Presentan perfecta ordenación y distribución molecular (red cristalina), que se destruye por fusión o disolución y que según se va enfriando, a temperaturas cercanas al punto

---

<sup>4</sup> LUCAS, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*. 4<sup>th</sup> Ed. (revised and enlarged by J.R. Harris). London: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1962. p. 177.

<sup>5</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américalee, 1982. p. 8

de solidificación, su viscosidad permite una reordenación en una red cristalina de estructura ordenada.

2. Como sólidos muestran cierta elasticidad<sup>6</sup> ante esfuerzos externos recuperando su forma.
3. Pasan drásticamente de consistencia sólida a líquida y viceversa, a una temperatura concreta de fusión o solidificación denominada “punto de fusión” *“[...] la velocidad de enfriamiento es lo suficientemente baja y existen (o se forman) núcleos, la sustancia cristalizará a la temperatura de fusión,  $T_f$ .”*<sup>7</sup>

### **Propiedades de los vidrios:**

1. Presentan un desorden molecular propio de los líquidos “por poseer una estructura fundamentalmente amorfa, es decir, carente de ordenación en una red cristalina”<sup>8</sup>  
Estructuralmente presentan cierta ordenación que A. Mari denomina “de corto alcance”, es decir, con presencia de grupos ordenados.

*“[...] la velocidad de enfriamiento es lo suficientemente elevada como para no dar tiempo a la formación de núcleos, no se producirá la cristalización, sino que se tendrá un ‘líquido sobreenfriado’ [...] Un ‘líquido sobreenfriado’ es un estado metaestable, que se puede definir termodinámicamente y que cristaliza rápidamente si se introducen en él núcleos de cristalización (este es un fenómeno común en soluciones acuosas). Pero si al mismo tiempo los enlaces químicos que se van formando al disminuir la temperatura son de tal naturaleza que hacen aumentar abruptamente la viscosidad del material, los elementos estructurales no pueden ordenarse más que en dominios muy pequeños, y la estructura queda “congelada” pasando con un cambio de volumen relativamente suave al estado sólido. La temperatura a la cual ello ocurre es la denominada “temperatura de transformación” ( $T_g$ ), y representa el pasaje de un líquido sobreenfriado a un sólido vítreo.”*<sup>9</sup>.

---

<sup>6</sup> **Elasticidad.** *“[...] los cuerpos sólidos, después de sufrir una deformación como consecuencia de un esfuerzo ejercido sobre ellos, recuperan su forma y volumen original gracias a sus propiedades elásticas [...]”* Gran Enciclopedia Universal. Vol. 6. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p. 4064.

<sup>7</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américal, 1982. p. 40.

<sup>8</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américal, 1982. p. 18.

<sup>9</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américal, 1982. p. 40.

Durante la *temperatura de transformación Tg*, o más propiamente dicho el *intervalo de transformación* comienza a aumentar rápidamente la viscosidad del líquido *sobreenfriado (supercooled liquid)*, de forma que la movilidad de las moléculas es cada vez más difícil y únicamente pueden establecer pequeñas ordenaciones en un conjunto desordenado, quedando éstas rígidamente unidas entre sí al formar el sólido vítreo. Por este hecho se denomina a los vidrios como "*sólidos amorfos*". A. Mari especifica que: "*Podemos decir, sí, que el vidrio tiene una estructura similar a la de un líquido, pero que el vidrio no es un líquido. A temperatura ambiente, el vidrio es un sólido y, desde el punto de vista de sus propiedades mecánicas, un sólido casi ideal*"<sup>10</sup>

2. Presentan cierta elasticidad. A temperatura ambiente el vidrio presenta propiedades mecánicas propias de los sólidos, como es la elasticidad o capacidad de recobrar la forma inicial después de haber sufrido una deformación al aplicarse una fuerza externa, con lo que el cuerpo es elástico. Si el cuerpo queda irreversiblemente deformado hablamos entonces de un material plástico, esto ocurre cuando el vidrio se presenta como fluido viscoso, es decir a temperaturas por encima de su *intervalo de transformación Tg*.
3. Intervalo de transformación, Tg. El paso de estado sólido a líquido se produce durante un intervalo de temperaturas (curvas de viscosidad-temperatura) y de un modo gradual<sup>11</sup>, por lo que no tienen un punto de fusión como ocurría con los sólidos cristalinos.

Todo esto en cuanto al vidrio, sin embargo para comprender lo que es un "vidrio soluble" es importante conocer los componentes del vidrio común. Fundamentalmente los más abundantes son los vidrios silicatos sódico-cálcicos, que contienen Sílice Si O<sub>2</sub>, Óxidos de Sodio Na<sub>2</sub>O y Calcio CaO<sup>12</sup> y también vidrios potásicos, con Sílice Si O<sub>2</sub>, Óxidos de Potasio K<sub>2</sub> O y Calcio CaO; en ambos, y en menor proporción, suelen contener Magnesio MgO y Aluminio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.<sup>13</sup>

---

<sup>10</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américalée, 1982. p. 50

<sup>11</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américalée, 1982. p.50.

<sup>12</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américalée, 1982. p. 31.

<sup>13</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américalée, 1982. p. 13.



### **Componentes básicos del vidrio**

El vidrio tradicionalmente se produce a partir de compuestos vitrificantes, (principalmente la sílice), de fundentes (para lo que se utilizan álcalis) y por último de estabilizadores (el más común es la cal).<sup>14</sup>

1. **Vitrificante:** El principal componente vitrificante es la sílice o dióxido de silicio ( $\text{Si O}_2$ ), denominado *formador de red*<sup>15</sup>, que constituirá, junto con otros componentes, un vidrio silicato o silicático. La sílice puede obtenerse del cuarzo, arenas con elevado contenido en  $\text{Si O}_2$ , de pedernal y también está presente en los esqueletos de algunos organismos marinos como esponjas y tierra de diatomeas<sup>16</sup>. Es importante indicar que la inhalación del polvo de sílice resulta peligrosa, ya que a largo plazo causa silicosis<sup>17</sup>. La sílice funde aproximadamente a 1700 °C, esta temperatura de fusión disminuye al mezclar la sílice con los fundentes (álcalis). El vidrio de sílice, al que se suele denominar erróneamente “*vidrio de cuarzo*”, se obtiene de arenas con más del 95% de  $\text{Si O}_2$ .<sup>18</sup>
2. **Fundente alcalino** (álcalis en general). Los fundentes disminuyen el punto de fusión y viscosidad de la sílice a la vez que actúan como *modificadores de red*.<sup>19</sup> Se conoce como vidrio “común” al vidrio *calcosódico*, fabricado con carbonato de sodio como fundente y caliza como estabilizante. Si se utiliza carbonato potásico como fundente se obtiene el vidrio calcopotásico<sup>20</sup>.
3. **Estabilizante.** El más popular es el carbonato cálcico o cal de calizas naturales ( $\text{Ca CO}_3$ ) “[...] cumplen la función de estabilizadores de red en los vidrios silicatos

---

<sup>14</sup>“Vidrio” La Enciclopedia Libre, Wikipedia. [en línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Vidrio> [Consulta: Agosto 2008]

<sup>15</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américal, 1982. p. 31.

<sup>16</sup> **Tierra de diatomeas.** “2. Clase de estas algas. A lo largo de millones de años, los caparazones silíceos de las diatomeas se han ido acumulando en los fondos marinos y al fosilizar, han dado lugar a una sustancia fina conocida como tierra de diatomeas” *Gran Enciclopedia Universal*. Vol. 6. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p. 3708.

<sup>17</sup> REGO, G.; et al. “Efectos del polvo inhalado en los trabajadores de la industria de pizarras.” *Medicina Clínica*. 2001, vol. 116, núm. 8, p.290-291. pp. 290-291.

<sup>18</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américal, 1982. p. 14.

<sup>19</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américal, 1982. p. 31.

<sup>20</sup> “Generalidades sobre los vidrios” *Seminarios de materiales de construcción I. Capítulo V: Vidrios*. [en línea]. Seminario 22. Burgos: Universidad de Burgos. [http://www2.ubu.es/caict/consarq/asigatconsarq/materialesl/seminarios/Capitulo\\_V\\_Vidrios/22resp.doc.rtf](http://www2.ubu.es/caict/consarq/asigatconsarq/materialesl/seminarios/Capitulo_V_Vidrios/22resp.doc.rtf). [Consulta: Agosto 2008]

*alcalinos, disminuyendo, por ejemplo, su solubilidad en agua*<sup>21</sup>, además facilitan y modifican la red molecular del mismo<sup>22</sup>.

Una característica del vidrio es su resistencia química, aunque es sensible a ciertos ácidos *“las sustancias que atacan más fuertemente al vidrio son: el ácido fluorhídrico, en primer lugar y en menor grado, el ácido fosfórico concentrado y los álcalis concentrados y calientes.”*<sup>23</sup>

Mediante la fusión de los productos mencionados, en proporciones y temperaturas adecuadas obtendríamos un vidrio o *“Sustancia transparente o translúcida, dura y frágil [...]”*,<sup>24</sup> es decir, un vidrio ***silicato insoluble en agua***. De estas proporciones y la acción de cada producto dependerá la solubilidad de la masa de vidrio.

---

<sup>21</sup>MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américal, 1982. p. 32.

<sup>22</sup>“Generalidades sobre los vidrios” *Seminarios de materiales de construcción I. Capítulo V: Vidrios*. [en línea]. Seminario 22. Burgos: Universidad de Burgos.  
[http://www2.ubu.es/caict/consarq/asigatconsarq/materiales/seminarios/Capitulo\\_V\\_Vidrios/22resp.doc.rtf](http://www2.ubu.es/caict/consarq/asigatconsarq/materiales/seminarios/Capitulo_V_Vidrios/22resp.doc.rtf).  
[Consulta: Agosto 2008]

<sup>23</sup>MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américal, 1982. p. 123.

<sup>24</sup>*Diccionarios Everest, Corona Lengua Española*. 6ª Ed. León (etc.): Everest, 1974. p. 1459.

### 1.1.2 “VIDRIO SOLUBLE” O SILICATOS SOLUBLES

La palabra silicato proviene del latín *silēx*, *-ícis* (que significa piedra dura, como pedernal), siendo:

*“[...] los compuestos formados entre el silicio y el oxígeno y sus derivados, denominados genéricamente ‘silicatos’ ya sea desde el punto de vista geológico y mineralógico como de sus aplicaciones (cementos, materiales cerámicos tradicionales y los tipos de vidrio más comunes) [...] La base de la estructura de los silicatos es el enlace silicio-oxígeno: Si-O. Éste es un enlace químico particularmente estable [...]*

*El anión  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  (ortosilicato), [...] constituye la unidad básica estructural de todos los silicatos, tanto cristalinos como amorfos”<sup>25</sup>*

El llamado “vidrio soluble” es un silicato de origen artificial, es decir, producido por la mano del hombre, *“los cristales solubles de silicato, los polvos y los líquidos están entre los productos químicos sintéticos producidos en mayor volumen en Europa occidental”<sup>26</sup>*. En su producción se emplean parte de los componentes utilizados en la formulación del vidrio *“[...] la introducción de óxidos alcalinos y alcalinotérreos rompe parte de los puentes de oxígeno, [...] Naturalmente, cuanto más álcali introduzcamos más se debilitará la red, hasta llegar a un punto en que no se formará más un vidrio, sino un silicato alcalino soluble en agua (llamado, justamente “vidrio soluble”)”<sup>27</sup>*. Para producir un vidrio soluble en agua, ha de eliminarse el estabilizante en la fabricación del vidrio. Los estabilizantes normalmente son carbonato cálcico o ciertos metales que, como se indicaba en el apartado anterior, proporcionan al vidrio resistencia a los ácidos y al agua. Al eliminar el estabilizante en su preparación se produce un vidrio silicato alcalino artificialmente modificado, que es químicamente sensible al agua, y por tanto soluble.

Los silicatos solubles se obtienen mediante fusión de un vitrificante de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), y un fundente (Ver Esquema 1). Los fundentes habituales son el carbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y el carbonato potásico ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), y su composición química será la de un silicato potásico o un silicato de sodio respectivamente, aunque frecuentemente se denomina “vidrio soluble” al silicato de sodio.

---

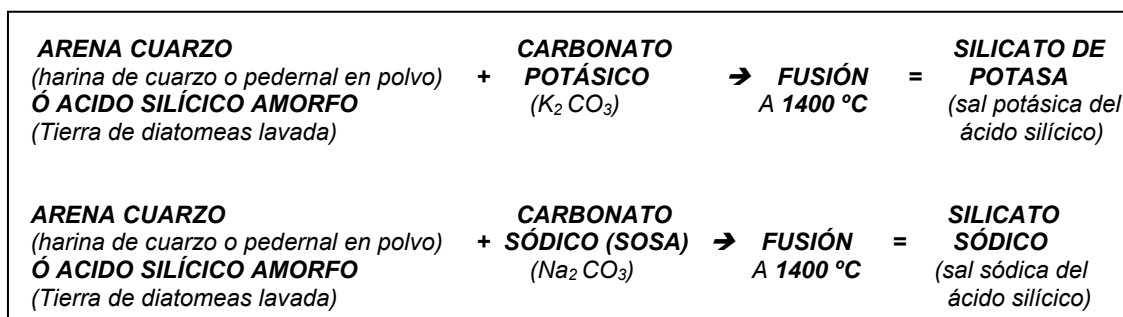
<sup>25</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américalee, 1982. pp. 18-20

<sup>26</sup> CEES. *Soluble silicates* [en línea]. Centre Européen d’Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newsoblule.html> [Consulta Julio 2008]

<sup>27</sup> MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américalee, 1982. p. 31

En el proceso de fabricación del vidrio soluble Max Doerner indica que: “El vidrio soluble solidifica en una dura masa vidriosa amarillenta o transparente e incolora según los componentes. Es pulverizable y bajo presión y calor se puede disolver en agua. Una vez pulimentado y corregido el líquido soluble se obtiene en el mercado como un líquido inoloro, de cristalino a amarillento y viscoso como el jarabe [...]”<sup>28</sup>. El proceso de fusión del sílice con el carbonato (sódico o de potasio) se realiza por encima de los 1000°C y se obtiene un conglomerado vidrioso de silicato que es sensible al agua. Sin embargo para obtener las soluciones de silicato, ha de efectuarse un segundo ciclo de tratamiento (ya que se ha de destruir y diluir el vidrio amorfo en agua sometándolo a elevada temperatura y presión) y después estas soluciones de silicato han de ser filtradas.<sup>29</sup>

Esq. 1. Esquema indicado por Max Doerner, sobre la elaboración de silicatos solubles.<sup>30</sup>



Los silicatos alcalinos se producen de forma específica, es decir, su composición y propiedades dependerán de la proporción de mezcla o *ratio*<sup>31</sup> de los materiales que se someten a fusión. Por lo tanto, las propiedades físicas de los silicatos están determinadas por: “el *ratio* [...], contenido de sólidos, viscosidad y PH”.<sup>32</sup>

Normalmente los silicatos alcalinos son diferenciados según su “*ratio x*” xSiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O o bien xSiO<sub>2</sub>/K<sub>2</sub>O, es decir la proporción, generalmente en peso, de sílice a álcali.

La fórmula general para la composición de los silicatos es **x SiO<sub>2</sub> · M<sub>2</sub>O**<sup>33</sup>

**x** = (*ratio*) o proporción molar o en peso de sílice a álcali.

**M** = Na, K, [...]

<sup>28</sup>DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p. 105

<sup>29</sup>CEES. *Manufacture of Soluble Silicates* [en línea]. Centre Européen d’Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newmanufacture.html> [Consulta Julio 2008]

<sup>30</sup>DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p. 105

<sup>31</sup>**Ratio**. Se refiere a la proporción cuantificada entre sílice-álcali que se mezcla para fabricar un silicato soluble.

<sup>32</sup>GILL, Petra M. “Environmental Safe Binders for Agglomeration” Bulletin 9. Philadelphia: PQ CORPORATION (Philadelphia Quartz Company), 2003.

[http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin\\_9.pdf](http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin_9.pdf) [Consulta: Julio 2008]

<sup>33</sup>CEES. *Chemistry of Soluble Silicates* [en línea]. Centre Européen d’Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newchemistry.html> [Consulta Julio 2008]

Por ejemplo, en cuanto a la relación de proporción sílice/álcali (ratio), indicar que “[...] a proporciones mayores de 2.0, se comienzan a formar estructuras coloidales como sólidos en solución. A proporciones muy altas, las estructuras resultan en gelificación de la solución”<sup>34</sup>. Por lo que la formación de red amorfa a nivel micro estructural va a depender del ratio o proporción utilizada. A mayor proporción de sílice se producen más estructuras complejas y sustancias en gel<sup>35</sup>, y viceversa, al emplearse más cantidades de álcali o fundente, el líquido resulta más coloidal<sup>36</sup> o disgregado.<sup>37</sup>

En cuanto al producto final “Los silicatos alcalinos se producen y salen al mercado en forma de trozos de cristal, arena de cristales, soluciones acuosas o polvos secos”<sup>38</sup>, fundamentalmente su apariencia y propiedades dependen del mercado de aplicación final del producto, ya que fundamentalmente las empresas los utilizan como aditivo en la fabricación de otros productos. Para su uso como aglutinantes o adhesivos los silicatos se utilizan en solución acuosa, y se pueden adquirir sin dificultad en droguerías especializadas. Su precio es bastante competitivo comparado con el de otros aglutinantes acrílicos, y se presentan como líquidos viscosos, incoloros y de aspecto vidrioso. Si bien, recalcar que, un silicato genérico adquirido en una droguería no está indicado para fabricar de forma casera una pintura al silicato, al igual que ocurre con los pigmentos que se vayan a utilizar para este fin.

Los silicatos alcalinos poseen un pH<sup>39</sup> elevado ya que son los de sustancias alcalinas, es decir, sus valores de pH suelen oscilar entre 11 y 14.<sup>40</sup>

El aspecto final de la zona pintada al silicato es como el de una pintura al fresco, y su capa puede ser dañada por abrasión mecánica.<sup>41</sup>

---

<sup>34</sup> PQ CORPORATION “Silicate Solution Chemistry” Philadelphia: PQ (Philadelphia Quartz Company). [http://www.pqcorp.com/technicalservice/understanding\\_silicatesolchem.asp](http://www.pqcorp.com/technicalservice/understanding_silicatesolchem.asp) [Consulta: Julio 2008]

<sup>35</sup> **Gel.** “1. Quim. Estado que adopta una materia en dispersión coloidal cuando flocula o se coagula. Es un semisólido, homogéneo y gelatinoso. Ofrece poca resistencia a la difusión de los líquidos.” *Gran Enciclopedia Universal*. Vol. 6. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p. 4979.

<sup>36</sup> **Coloidal** “Relativo a los coloides”. **Coloide** “adj. Quim. Se dice del cuerpo que al disgregarse en un líquido aparece coodisuelto por la extremada pequeñez de sus partículas en que se divide, pero se diferencia del disuelto en que no es difundido por su disolvente si tiene que atravesar ciertas láminas porosas” *Diccionarios Everest, Corona Lengua Española*. 6ª Ed. León (etc.): Everest, 1974. p. 377.

<sup>37</sup> PQ CORPORATION “Silicate Solution Chemistry” Philadelphia: PQ (Philadelphia Quartz Company). [http://www.pqcorp.com/technicalservice/understanding\\_silicatesolchem.asp](http://www.pqcorp.com/technicalservice/understanding_silicatesolchem.asp) [Consulta: Julio 2008]

<sup>38</sup> CEES. *Chemistry of Soluble Silicates* [en línea]. Centre Européen d’Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newchemistry.html> [Consulta: Julio 2008]

<sup>39</sup> **pH.** “Quim. Escala numérica que mide el grado de acidez o alcalinidad de una solución. Si el pH es menor de 7, la solución es de reacción ácida; si es 7, neutra, y si es mayor de 7, alcalina.” *Gran Enciclopedia Universal*. Vol. 14. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p. 9256

<sup>40</sup> CEES. *Chemistry of Soluble Silicates* [en línea]. Centre Européen d’Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newchemistry.html> [Consulta: Julio 2008]

<sup>41</sup> GOTTSEGEN, Mark D. *The Painter’s Handbook*. New York: Watson-Guption Publications, 1993. p. 249.

### 1.1.2.1 Campos de aplicación de los silicatos solubles.

Los silicatos alcalinos, son productos químicos inorgánicos que se emplean en muchos y variados sectores industriales, fundamentalmente por su capacidad adhesiva y reactiva *“Como las disoluciones acuosas de los silicatos alcalinos son, en realidad, sólidos humedecidos, es evidente que tendrán poca dificultad en formar uniones con la mayoría de las superficies naturales”* <sup>42</sup>. Se fabrican con características físicas y químicas muy concretas, según la aplicación final del silicato, siendo más utilizado el silicato sódico que el potásico.

Las aplicaciones más significativas de estos productos son:

**“Construcción.** [...] *En la fabricación de cementos antiácidos y refractarios ejerce el papel de aglutinante, fortalece los productos y comporta una excelente acción antiácida y antitérmica. El silicato también se utiliza en la restauración de edificios y en la elaboración de pinturas minerales [...]*

**Tratamientos de aguas y residuos.** *Se emplean para la inmovilización de metales pesados (Pb, Cu,...), la prevención de la corrosión y como floculante*<sup>43</sup> *en aguas residuales. También se utiliza para formar geles y sílice activada en plantas potabilizadoras.[...]*

**Metales.** *La fundición de metales, y en especial la de acero, consume una gran cantidad de silicato sódico, primordialmente en la fabricación de moldes de arena. [...] Dependiendo de la relación del silicato empleado, puede reutilizarse la arena de los moldes.[...]*

**Petróleo (extracción, perforaciones, pozos, minas...)** *Se emplean los silicatos como aglutinantes para los lodos, para prevenir la corrosión y para el tapado de grietas por precipitación. [...]*

**Sílice y silicatos precipitados, zeolitas, geles y soles.** *El silicato sódico se utiliza como materia prima en la fabricación de estos productos”.*<sup>44</sup>

**Pulpa de papel y cartón.** *Facilitan su endurecimiento tras el secado y ofrecen poca sensibilidad a la humedad, aportando rigidez, alta adhesión y resistencia.* <sup>45</sup> *En pasta de papel se emplea para blanquear la pulpa del papel, tanto en fabricación nueva como en reciclaje*<sup>46</sup>.

---

<sup>42</sup> HOUWINK, R.; SALOMON, G. *Adherencia y adhesivos. Volumen I. Adhesivos.* En *La Enciclopedia de la química industrial (Tomo 3)*. Bilbao: Urmo S.A., 1978. p. 515.

<sup>43</sup> **Floculación.** *“1. Proceso de agrupación o coagulación de un precipitado finamente dividido en partículas mayores.”* *Gran Enciclopedia Universal*. Vol. 6. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p. 4979.

<sup>44</sup> IQUE “Campos de Aplicación” [en línea]. En *Silicatos solubles*, IQUE (Industrias Químicas del Ebro). [http://www.iqe.es/detProducto.aspx?Parl\\_Id=1&Area\\_ID=110&NodI\\_ID=15&elcampo=3](http://www.iqe.es/detProducto.aspx?Parl_Id=1&Area_ID=110&NodI_ID=15&elcampo=3) [Consulta: Julio 2008]

<sup>45</sup> PQ CORPORATION. “Bonding and Coating Applications of PQ Soluble Silicates.” [en línea] Bulletin 12-31. Philadelphia: PQ (Philadelphia Quartz Company), 2006.

[http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin\\_12-31.pdf](http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin_12-31.pdf) [Consulta: Julio 2008]

<sup>46</sup> IQUE “Campos de Aplicación” [en línea]. En *Silicatos solubles*, IQUE (Industrias Químicas del Ebro).

[http://www.iqe.es/detProducto.aspx?Parl\\_Id=1&Area\\_ID=110&NodI\\_ID=15&elcampo=3](http://www.iqe.es/detProducto.aspx?Parl_Id=1&Area_ID=110&NodI_ID=15&elcampo=3) [Consulta: Julio 2008]

**Detergentes.** La industria de detergentes es una de las más grandes consumidoras de silicatos, ya que los incorporan habitualmente en sus fórmulas<sup>47</sup>. En detergentes sintéticos se emplea para regular la espuma y amortiguar la floculación, *“En los jabones se aprovechan sus propiedades como tensoactivos, inhibidor de la corrosión y ayudante de secado”*<sup>48</sup>.

**“Estabilización de suelos.** La inyección directa de silicatos solubles en combinación con un endurecedor, aporta consolidación a la tierra e impermeabilidad al agua por la formación in-situ de un gel silíceo, el cual endurece y sella el suelo. [...]

**Cerámica.** Los silicatos se usan como plastificante en la industria de la cerámica, particularmente en la fabricación de baldosas para revestimientos y paredes [...] los silicatos actúan como producto defloculante de arcillas<sup>49</sup> facilitando su bombeado y secado. [...]

**Pinturas.** [...] Los silicatos potásicos son preferidos generalmente, dado que el silicato sódico puede reaccionar con el dióxido de carbono atmosférico formando un no deseado, depósitos blancos de carbonato sobre la superficie [...].”<sup>50</sup>

**Electrodos.** En la fabricación de electrodos para soldadura eléctrica. *“La soldadura eléctrica*



*es el campo de aplicación masiva del silicato potásico [...]. Su papel es fundamental como aglutinante de la masa de productos sólidos que componen el recubrimiento del electrodo, favorece el flujo eléctrico, es antioxidante y no produce eflorescencias.”*<sup>51</sup> *“Electrodos especializados, por ejemplo, para acero inoxidable, utilizan un sistema de mezcla compleja al silicato que contiene sodio potasio e incluso litio”.*<sup>52</sup>

Fig.1. Soldadura eléctrica de arco, César, 2008. Universidad Complutense de Madrid.

<sup>47</sup> CEES. *Applications of soluble silicates* [en línea]. Centre Européen d'Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newapplication.html> [Consulta Julio 2008]

<sup>48</sup> IQUE “Campos de Aplicación” [en línea]. En *Silicatos solubles*, IQUE (Industrias Químicas del Ebro). [http://www.iqe.es/detProducto.aspx?Parl\\_Id=1&Area\\_ID=110&NodI\\_ID=15&elcampo=3](http://www.iqe.es/detProducto.aspx?Parl_Id=1&Area_ID=110&NodI_ID=15&elcampo=3) [Consulta: Julio 2008]

<sup>49</sup> **Defloculación de las arcillas:** Reducción de la viscosidad de las mismas, con lo que aporta más fluidez y disminuye la cantidad de agua que ha de usarse para preparar barbotinas. IQUE “Campos de Aplicación” [en línea]. IQUE “Campos de Aplicación” [en línea]. En *Silicatos solubles*, IQUE (Industrias Químicas del Ebro). [http://www.iqe.es/detProducto.aspx?Parl\\_Id=1&Area\\_ID=110&NodI\\_ID=15&elcampo=3](http://www.iqe.es/detProducto.aspx?Parl_Id=1&Area_ID=110&NodI_ID=15&elcampo=3) [Consulta: Julio 2008]

<sup>50</sup> CEES. *Applications of soluble silicates* [en línea]. Centre Européen d'Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newapplication.html> [Consulta Julio 2008]

<sup>51</sup> IQUE “Campos de Aplicación” [en línea]. En *Silicatos solubles*, IQUE (Industrias Químicas del Ebro). [http://www.iqe.es/detProducto.aspx?Parl\\_Id=1&Area\\_ID=110&NodI\\_ID=15&elcampo=3](http://www.iqe.es/detProducto.aspx?Parl_Id=1&Area_ID=110&NodI_ID=15&elcampo=3) [Consulta: Julio 2008]

<sup>52</sup> CEES. *Applications of soluble silicates* [en línea]. Centre Européen d'Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newapplication.html> [Consulta Julio 2008]

### **Silicatos solubles, medio ambiente y toxicidad**

Estos productos son poco contaminantes y podríamos definirlos como bastante ecológicos ya que *“Los silicatos solubles son enteramente inorgánicos y una vez diluidos no tienen un impacto medioambiental significativo [...] Dependiendo de los valores del PH los silicatos solubles en aguas efluentes y en superficie son rápidamente dispersados y neutralizados, por la reacción con los metales polivalentes disueltos naturales (ej. Ca, Mg, Al, Fe) formando silicatos insolubles o sílice amorfo. Estos productos ocurren en abundancia en suelos y rocas naturales.”*<sup>53</sup>

El riesgo principal de los silicatos solubles para la salud humana es su alta alcalinidad. Por este motivo es irritante por contacto con la piel, ojos, ingestión o inhalación, su acción irritante dependerá de su concentración *“[...] cuanto mas bajo sea el ratio mayor alcalinidad. Existe una clara relación entre la toxicidad oral así como con la irritación ocular y de piel y el ratio; la toxicidad e irritación aumenta según descende su ratio.”*<sup>54</sup> Por ejemplo se utilizan silicatos en proporciones muy bajas para la fabricación de jabones de tocador. En cuanto a su ingestión en mínimas cantidades, indicar por ejemplo que: *“El silicato de potasio tiene una toxicidad baja por medio de la ruta oral [...] porque el silicato potásico es neutralizado por el ácido del estómago y excretado por la orina”*<sup>55</sup>, además el mal gusto del producto hace que esto sea poco probable.<sup>56</sup>

---

<sup>53</sup> CEES. *Soluble silicates and the environment* [en línea]. Centre Européen d'Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newenvironment.html> [Consulta Julio 2008]

<sup>54</sup> CEES. *Soluble Silicates. Chemical, toxicological, ecological and legal aspects of production, transport, handling and application* [en línea]. Brussels: Centre Européen d'Etude des Silicates, June 2008. [http://www.cees-silicates.org/images/solsil\\_broch\\_0806.pdf](http://www.cees-silicates.org/images/solsil_broch_0806.pdf) [Consulta Junio 2008]

<sup>55</sup> EPA. “Potassium Silicate. Exemption from the Requirement of a Tolerance” [en línea]. En *Rules and Regulation*, EPA (Environmental Protection Agency), Vol. 71, num. 114. Federal Register, June 14, 2006. <http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/01jan20061800/edocket.access.gpo.gov/2006/E6-8939.htm> [Consulta: Julio 2008]

<sup>56</sup> HERA, “Environmental risk assessment” [en línea], En *Risk Assessments -executive summary. Substance group: Alkali silicates*. HERA (Human and Environmental Risk Assessment on ingredients of household cleaning products). <http://www.heraproject.com/ExecutiveSummaryPrint.cfm?ID=186> [Consulta Julio 2008]



### 1.1.3 PINTURA AL SILICATO POTÁSICO

#### 1.1.3.1 Del descubrimiento del vidrio soluble a la pintura al silicato

Como se indicaba en el apartado anterior, el origen de los silicatos solubles se encuentra en los productos empleados comúnmente en la fabricación del vidrio y lo primero que se observó fue su gran sensibilidad al agua. El silicato soluble comenzó a ser investigado y definido desde la Edad Media, y la expresión “*vidrio soluble*” se utilizó ya en torno al siglo XVI por el alquimista Basilius Valentius<sup>57</sup>. Pero en esta época, aunque se estudiaron varios tipos de silicatos solubles, no llegaron a establecerse concretamente sus utilidades finales y uso.

El poeta alemán Johann Wolfgang Von Goethe estudió ese líquido, que procedía de la fusión de silicio de cuarzo con álcali, y cuyas propiedades le recordaban al cristal, llamándolo “*Liquor Silicium*” en su libro “*Poesía y Verdad*” de 1768<sup>58</sup>. A finales del siglo XVIII se desarrolló considerablemente la producción de silicatos solubles, época en la que el profesor, Johann Nepomuk Von Fuchs (1774-1856) en Munich, dedicó sus conocimientos en química y mineralogía a estudiar a fondo este producto y sus posibilidades.<sup>59</sup> En 1820 con sus descubrimientos, las empresas comenzaron a interesarse por los silicatos alcalinos con fines comerciales, para dedicarse a su producción y fabricación, lo que se lleva a cabo primero en Europa y más tarde en Norteamérica en el año 1850. El profesor “*Von Fuchs fue también la primera persona en usar el término “water glass o wasserglas” – “vidrio soluble o cristal al agua” el cual todavía tiene un uso generalizado*”<sup>60</sup>, en un principio desarrollados fundamentalmente como productos adhesivos y aglutinantes (en pinturas refractarias).

Hacia 1850 Friedrich Kart Kuhlmann recogió y logró investigaciones sobre esta materia que estaban sólo al alcance de químicos, y empezó a producirlo en cantidades industriales en Lille, proponiéndolo como pintura a aplicar sobre un fondo blanco e introduciendo nuevos pigmentos<sup>61</sup>.

Esta técnica pictórica comenzó a denominarse con el curioso nombre de *estereocromía*, y por analogía con otros términos similares se podría decir que es “*el arte de*

---

<sup>57</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p.106.

<sup>58</sup> KEIM, “Pinturas minerales Keim: una técnica excepcional” Keim Ecopaint Iberica S.L. [[http://www.keim.es/folleto/FO\\_General.pdf](http://www.keim.es/folleto/FO_General.pdf)] [fecha de consulta Julio 2008]

<sup>59</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p.106.

<sup>60</sup> CEES. *Soluble silicates* [en línea]. Centre Européen d’Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newsoblule.html> [Consulta Julio 2008]

<sup>61</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p.106.

*representar con colores al silicato*". Hiscox Hopkins indica que estas pinturas estereocromáticas se compraban ya batidas, con una solución de silicato que contenía menos ácido silícico y más álcali, siendo bastante viscosa. También que habían de diluirse con silicato potásico, que contenía más ácido silícico y por tanto menos álcali, previa aplicación sobre la pared. Además indica una serie de advertencias sobre ciertos pigmentos por sus posibles reacciones químicas <sup>62</sup>. Siendo un procedimiento complejo, comparado con los medios al silicato actuales.

Numerosos textos atribuyen directamente la invención de estas pinturas a Adolf Wilhelm Keim, dado que fue el científico que finalmente consolidó con éxito los descubrimientos e investigaciones sobre los silicatos solubles. Este científico estableció los fundamentos de la llamada "*estereocromía*", patentando su fórmula para la producción de pinturas al silicato en 1878, y estableciendo la correcta proporción de silicato potásico líquido con pigmentos inorgánicos, fundamentalmente necesaria para obtener la perfecta fijación o reacción de la pintura.

En 1881 publicó sus observaciones sobre la técnica en el libro: "*Die Mineral-Malerei. Neues verfahren zur herstellung witterungsbeständiger wandgemälde*" o "*La pintura mineral. Nuevo procedimiento para la producción de las pinturas para pared a prueba del mal tiempo*"<sup>63</sup>. Este libro trata sobre sus experiencias con la pintura mineral, sus características y propiedades, que dependen de unas proporciones específicas así como del proceso metodológico; también trata los fondos minerales y los pigmentos minerales específicos para la técnica, valorándola sobre todo por su luminosidad y resistencia a la intemperie.

Las investigaciones de Adolf Keim estuvieron respaldadas por el rey Luis I de Baviera, vehemente admirador de las exuberantes pinturas al fresco italianas sobre revoco de cal. Estas pinturas eran imposibles de reproducir en su reino, dadas las condiciones climatológicas adversas que las deterioraban rápidamente, con lo que el rey deseaba que se desarrollara una técnica que ofreciera las propiedades ópticas del fresco y que a su vez fuera altamente resistente a la intemperie <sup>64</sup>. La técnica al fresco es bastante sensible a la climatología húmeda, sobre todo cuando se encuentra sobre muros que contienen humedad ascendente. En este caso trabajó A. W. Keim, aportando la solución precisa mediante el estudio de una pintura cuyo aglutinante era el silicato potásico cuidadosamente formulado, y

---

<sup>62</sup> HISCOX G.D.; A.A. HOPKINS. *Recetario industrial. Enciclopedia*. 2ª Ed. (ampliada). Barcelona: Gustavo Gili, 1999. pp. 1009-1010.

<sup>63</sup> KEIM, Adolf Wilhelm. *Die mineral malerei: Neues verfahren zur herstellung witterungsbeständiger wandgemälde*. Wien. Pest. Leipzig, 1881.

<sup>64</sup> KEIM FARBEN "El extraordinario espectro de la técnica de silicatos de keim" [folleto informativo y comercial] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica SL, 2005 p. 3.

que servía de aglutinante a los pigmentos inorgánicos. La utilización del silicato potásico como pintura se consideraron muy buenas desde el primer momento, y su uso se ha extendido y mejorado de forma continuada hasta nuestros días.

La investigación de A. W. Keim principalmente se orientó a desarrollarse en el ámbito artístico, en la investigación de una técnica que lograra los mismos resultados cromáticos y de durabilidad que la pintura al fresco, protección del soporte y resistencia a la intemperie.

A principios del siglo XX, las investigaciones de la empresa fundada por A.W. Keim se centraron en el desarrollo de una pintura de dispersión de silicatos, la cual comenzó a producirse en 1962. Esta pintura al contener una pequeña proporción de componentes orgánicos ampliaba considerablemente la variedad de soportes de aplicación de la pintura al silicato; ya que en un principio requería un soporte con una preparación y características muy concretas, limitando en cierto modo la técnica. En el año 2002, pleno siglo XXI, desarrollaron la pintura basada en sol-silicato (formada por silicatos minerales y *sol de sílice*<sup>65</sup>, pudiéndose aplicar además, sobre soportes orgánicos y mixtos.<sup>66</sup>

Las fábricas de la empresa Keim se encuentran en Alemania; en la de Diedorf se reciben las materias primas y se preparan los productos de pinturas de forma totalmente informatizada, la planta de producción de Alteno/Luckau prepara productos “secos” como son los morteros. La empresa cuenta con numerosas sucursales repartidas por todo el mundo, en España se encuentra Mollet del Vallès (Barcelona).

En cuanto a impacto ambiental dispone de los Certificados ISO 9001 e ISO14001, certificado de garantía de sus productos y además de gestión ambiental, es decir, que son productos ecológicos, fabricados de manera ecológica, lo cual está corroborado por estudios científicos.<sup>67</sup>

---

<sup>65</sup> Mediante la **técnica sol-gel** se logran compuestos híbridos, orgánicos en matrices inorgánicas, cuyo procesamiento se realiza a baja temperatura. Recibe el nombre de *sol* al estar en dispersión coloidal, si este sol pierde líquido por evaporación forma una masa gelatinosa que recibe el nombre de *gel*. Denominándose *Técnica sol-gel*. FUENTES VILLALOBOS, Sandra Patricia. “Síntesis y determinación de propiedades electroquímicas anisotrópicas en compuestos de intercalación de sulfuro de molibdeno” [en línea] Director de Tesis: Dr. Guillermo González Moraga y Dr. Jaime Retuert de la Torre. Chile: Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. 2001. [http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2001/fuentes\\_s/html/index-frames.html](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2001/fuentes_s/html/index-frames.html) [Fecha Consulta: Agosto 2008]

<sup>66</sup> KEIM FARBEN “Pinturas minerales Keim: una técnica excepcional” [folleto, versión electrónica en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica S.L. 2006. p. 3. [http://www.keim.es/folleto/FO\\_General.pdf](http://www.keim.es/folleto/FO_General.pdf) [Consulta Julio 2008]

<sup>67</sup> KEIM FARBEN. “Medio ambiente” [en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica SL. 2006. [http://www.keim.es/pinturas/pinturas\\_medio.htm](http://www.keim.es/pinturas/pinturas_medio.htm) [Consulta Febrero 2007]

### 1.1.3.2 Murales artísticos al silicato

El estudio del silicato potásico, y el éxito de la técnica supusieron un gran avance para la pintura artística de exteriores. Son numerosas las fachadas que aún se pueden observar con decoración artística realizados desde hace más de 100 años con la pintura mineral Keim (figs. 2-6).

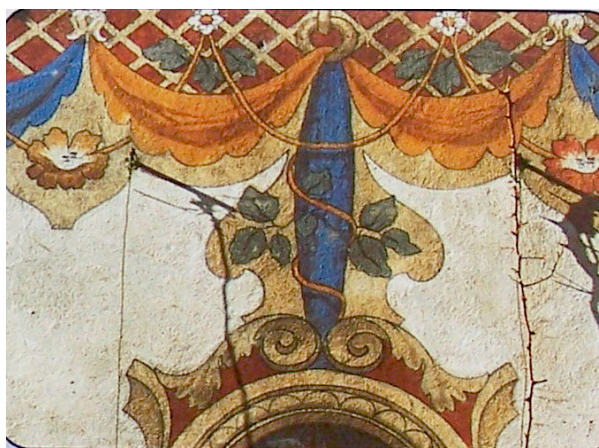


Fig.2-5. Fachadas artísticas, pintura original al silicato Keim, siglo XIX, (Stein am Rhein, Suiza), (Walenstad), (Traunstein, Alemania, 1891) y (Oslo, 1895) Fotografías<sup>68</sup>



<sup>68</sup> KEIM FARBEN "Pinturas minerales Keim: una técnica excepcional" [folleto, versión electrónica en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica S.L. 2006. p. 12. [http://www.keim.es/folleto/FO\\_General.pdf](http://www.keim.es/folleto/FO_General.pdf) [Consulta Julio 2008]





Fig. 6 .Town Hall,  
Villa en Wallenstadt, Suiza.  
Decorada en 1890 con pintura  
mineral Keim Muestra la  
durabilidad de la técnica al  
silicato expuesto a  
la intemperie. Fotografía<sup>69</sup>

Además de los murales artísticos la pintura al silicato suele utilizarse para simular detalles arquitectónicos, motivos ornamentales y también para imitación de mármoles (figs. 7 y 8)



Fig.7. Imitación de relieves arquitectónicos  
ornamentales. Fotografía<sup>70</sup>

<sup>69</sup> KEIM FARBEN “El extraordinario espectro de la técnica de silicatos de keim” [folleto informativo y comercial] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica SL, 2005 p. 2.

<sup>70</sup> KEIM FARBEN “Pinturas minerales Keim: una técnica excepcional” [folleto, versión electrónica en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica S.L. 2006. p. 9. [http://www.keim.es/folletos/FO\\_General.pdf](http://www.keim.es/folletos/FO_General.pdf) [Consulta Julio 2008]



*Fig. 8. Imitación de mármol (detalle de una columna). Alte Museum (Museo Viejo) Berlín. Técnica Keim Purkristatalat. Fotografía <sup>71</sup>*

Uno de los murales más antiguos en España se realizó en 1948 -1950 en la fachada principal del Ayuntamiento de Durango (Vizcaya), efectuado con la técnica de silicato de dos componentes, aunque según el laboratorio de Keim no está hecho con sus productos<sup>72</sup>, y es muestra de la buena resistencia a la intemperie de la técnica (fig. 9).



*Fig. 9. Ayuntamiento de Durango. (Vizcaya). Técnica bicomponente al silicato 1948-1950. Fot. Keim Ecopaint Ibérica SL.*

---

<sup>71</sup> KEIM FARBEN. "Seminare 2006-2007: Adolf Wilhelm Keim Gesellschaft. Zentrum für mineralische Bau- und Anstrichtechnik" [catálogo de cursos] Dierof: Adolf Wilhelm Keim Gesellschaft, 2006. p. 9. También en [http://www.keim.es/silicatos/T\\_tec\\_especiales.html](http://www.keim.es/silicatos/T_tec_especiales.html) [Consulta Julio 2008]

<sup>72</sup> Entrevista personal con Peter Mayer, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica SL, Mollet del Vallés, Barcelona, 14 de Marzo de 2007.



La técnica de pintura con silicato se utilizó durante el siglo XX y sigue utilizándose considerablemente tanto en el ámbito artístico con murales como en el del recubrimiento y protección de fachadas.



*Fig. 10. Autor: Alessio Nalesini.  
Pintura realista de una cabeza de yeso. Fotografía<sup>73</sup>*



*Fig.11 .Autor: Ulrich Algaier.  
Pintura ilusionista de perspectiva. Pintura mural en una terraza privada.  
Fellbach Öffingen (Germany). Fotografía<sup>74</sup>*

<sup>73</sup> KEIM FARBEN. "Seminare 2006-2007: Adolf Wilhelm Keim Gesellschaft. Zentrum für mineralische Bau- und Anstrichtechnik" [catálogo de cursos] Dierof: Adolf Wilhelm Keim Gesellschaft, 2006. p. 23

<sup>74</sup> KEIM FARBEN. "Reference Projects". Germany: Keimfarben.

[http://www.keimfarben.de/en/reference\\_projects/?cmd=examples\\_referenz\\_show\\_1019](http://www.keimfarben.de/en/reference_projects/?cmd=examples_referenz_show_1019) [Consulta Junio 2008]



Fig. 12 . Residencia y edificio de oficinas en Munich Germany. Mural artístico realizado con pintura al silicato Keim. Fotografía.<sup>75</sup>

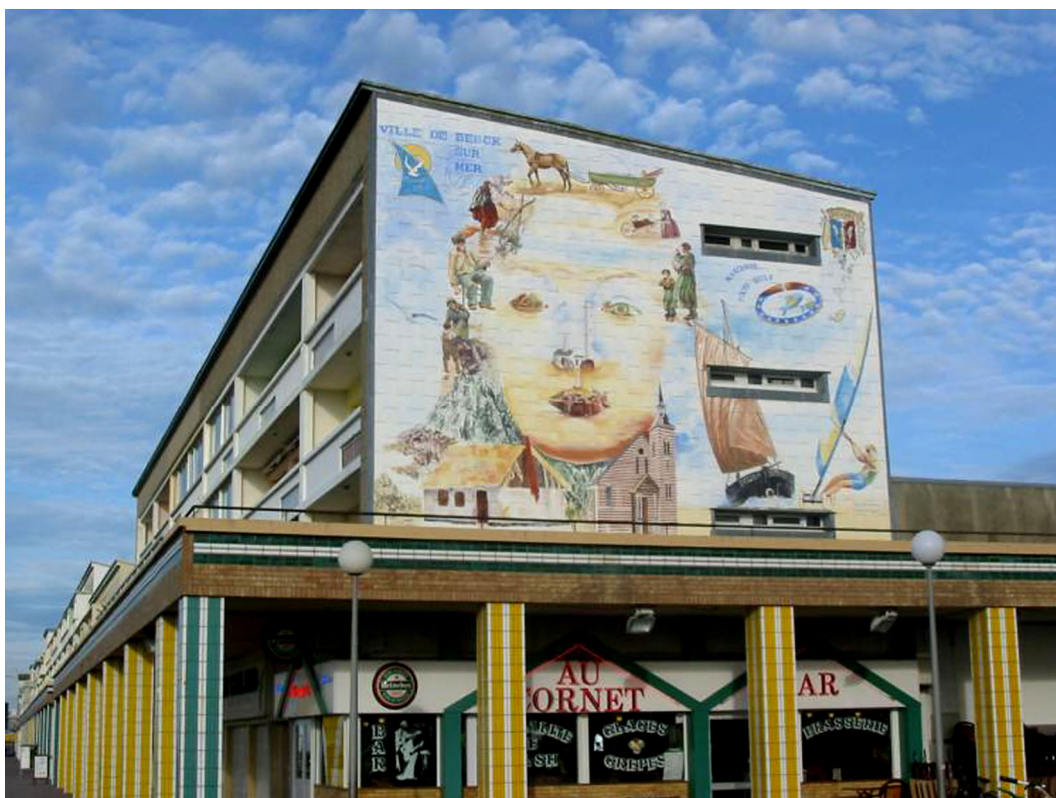


Fig. 13. Mural artístico, Francia, realizado en 1993. Sistema Granital., Superficie Superficie 100 m<sup>2</sup>, Autor Roland Perriot. Fotografía.<sup>76</sup>

<sup>75</sup> KEIM FARBEN. “Técnicas artísticas” [en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica SL. 2006.  
[http://www.keimfarben.de/en/reference\\_projects/?cmd=examples\\_referenz\\_show\\_541](http://www.keimfarben.de/en/reference_projects/?cmd=examples_referenz_show_541) [Consulta Julio 2008]

<sup>76</sup> KEIM FARBEN. “Reference Projects”. Germany: Keimfarben.  
<http://www.keimkreativ.de/keimreferenz/html/objekte.html> [Consulta Julio 2008]





Fig. 14. Eric Grohe, "Liberty Remembers" Honoring Veterans of all wars, Bucyrus, Ohio, USA. Mural diseñado y pintado por Eric Grohe.2001. Size & médium: 36' x 44' Keim Mineral Paint Royalan (pintura al silicato) sobre cemento. Fotografía <sup>77</sup>



Fig.15. Mural artístico realizado con la técnica decorativa al silicato de Keim. Fotografía <sup>78</sup>

<sup>77</sup> KEIM FARBEN. "Liberty Remembers" En *Projects*. USA: The Calahan Company. [www.keimmineralsystems.com/usprojects/grohe/vet.htm](http://www.keimmineralsystems.com/usprojects/grohe/vet.htm) [Consulta Junio 2008]

<sup>78</sup> KEIM FARBEN. "Técnicas artísticas" [en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica SL. 2006. [http://www.keim.es/silicatos/T\\_tec\\_artist.html](http://www.keim.es/silicatos/T_tec_artist.html). [Consulta Julio 2008]





Fig. 16. Mural decorativo con figuras del Cómic en parque público, Picanya, Valencia (España) Realizado con el producto Granital, 1995. Aprox. 200 m². Fotografía.<sup>79</sup>



Fig. 17 .Area privada de gimnasio. Albertshofen (Germany). Fotografía<sup>80</sup>

<sup>79</sup> KEIM FARBEN. “Reference Projects”. Germany: Keimfarben.  
<http://www.keimkreativ.de/keimreferenz/html/objekte.html> [Consulta Julio 2008]

<sup>80</sup> KEIM FARBEN. “Reference Projects”. Germany: Keimfarben.  
[http://www.keimfarben.de/en/reference\\_projects/?cmd=examples\\_referenz\\_show\\_1022](http://www.keimfarben.de/en/reference_projects/?cmd=examples_referenz_show_1022)[Consulta: junio 2008]



*Fig.18. Edificio de apartamentos.  
Charlottenhöhe, Rottweil (Germany) Fotografía <sup>81</sup>*

---

<sup>81</sup> KEIM FARBEN. "Reference Projects". Germany: Keimfarben.  
[http://www.keimfarben.de/en/reference\\_projects/?cmd=examples\\_referenz\\_show\\_016](http://www.keimfarben.de/en/reference_projects/?cmd=examples_referenz_show_016) [Consulta junio 2008]

### 1.1.3.3 Elección del producto a investigar

Actualmente existen bastantes empresas dedicadas a la comercialización de productos al silicato. Las empresas productoras utilizan básicamente el silicato potásico como materia prima, pero la formulación, y por tanto las propiedades finales de la pintura, difieren considerablemente entre empresas. La diferencia suele estar en la adición de grandes cantidades de material de carga, aditivos de origen orgánico y una gama muy reducida de colores genéricos. Es importante diferenciar las pinturas al silicato de las de dispersión al silicato, estas últimas contienen más del 5% de aglutinante de origen orgánico (como por ejemplo puede ser el acrilato) lo que interfiere en su transpirabilidad. En muchos casos las empresas no facilitan fichas técnicas de sus productos y ofrecen someras indicaciones de uso.

Un inconveniente para su aplicación en policromía de escultura es que las empresas dirigen su producción a los consumidores de grandes cantidades (pintores, constructores, diseñadores, arquitectos...), que utilizan estas pinturas en el revestimiento de edificios, construcciones monumentales y fachadas, con lo que en general las cantidades mínimas de producto que comercializan suelen ser normalmente de 2 litros, lo que para el escultor que va a hacer una policromía es una cantidad excesiva. Además no es un producto que se pueda adquirir en cualquier comercio de pinturas, ya que no es una técnica muy demandada, y su precio es comparativamente más elevado que el de las pinturas orgánicas (acrílicas).

Una opción planteada sería la elaboración por el propio artista de una pintura genérica al silicato (ver 2.2 Otros silicatos sobre dolomía), pero Max Doerner indica que *“la elaboración propia de los colores de vidrio soluble es desaconsejable”*<sup>82</sup> y es que, fundamentalmente la investigación de A. Wilhem Keim estuvo centrada en encontrar proporciones exactas en la formulación del propio aglutinante de silicato potásico (que es el principal desencadenante de la reacción de fijación), producto que se puede producir en infinidad de ratios (como se indicaba en el capítulo 1.1.2 Vidrio soluble o silicatos solubles). Por estas razones se parte de la premisa que el silicato potásico que logró A.W. Keim está comprobado para su uso artístico en cuanto a ratio, producción pigmentos y aditivos, y es más adecuado que un silicato genérico que se pueda adquirir habitualmente en una droguería especializada, el cual quizá sea más indicado para su uso como adhesivo.

El silicato potásico precisa que se produzca una reacción química para su fijación y es altamente alcalino, por lo que al utilizarlo con pigmentos se pueden producir reacciones de decoloración o falta de fijación. La paleta de colores se limita por tanto a pigmentos

---

<sup>82</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p. 245.



resistentes a los álcalis, los cuales suelen contener cargas reactivas o aditivos minerales “que evitan la precipitación prematura del ácido silícico”<sup>83</sup> y que facilitan la formación de silicatos.

Actualmente la empresa fundada por A. W. Keim sigue fabricando materiales específicos para la utilización artística de los silicatos con productos y pigmentos de alta calidad, además de ofrecer asesoramiento técnico y fichas técnicas detalladas de sus productos. Es importante indicar que actualmente siguen fabricando la primera fórmula pura de silicato potásico estabilizado proclamada por Keim, productos que se pueden adquirir en pequeñas cantidades, lo que es muy adecuado para policromar escultura en piedra ya que ésta no suele realizarse en dimensiones monumentales.

Sin embargo es preciso investigar su metodología de aplicación y adecuación al soporte escultórico, en este caso de dolomía “*La pintura mineral de Keim es algo más llena de tono que el fresco. Es insensible a los gases sulfurosos de los humos y se ha acreditado como muy estable al aire libre. Pero hay que advertir que todo depende de la exacta observación de las prescripciones, de lo contrario se presentarán fracasos.*”<sup>84</sup>

No es propósito de esta investigación reinventar la técnica al silicato, ya considerablemente experimentada y comprobada, sino utilizarla sobre un soporte escultórico mineral como es la piedra, experimentar su técnica, propiedades artísticas y protectoras del soporte, conocer su procedimiento y establecer una metodología para así poder aplicarlo eficientemente en la policromía de escultura.

---

<sup>83</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p. 107.

<sup>84</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p. 245.

## 1.2 PROPIEDADES DE LA PINTURA AL SILICATO POTÁSICO

Popularmente se suele denominar inexactamente al silicato potásico como “aglutinante” de pigmentos o como “fijativo”. En realidad es un líquido reactivo, ya que al producirse su contacto con el aire se desencadena la reacción química de *silificación* o “transformación química a cuarzo”<sup>85</sup> y la consiguiente formación de enlaces minerales entre el soporte, los pigmentos y las partículas inorgánicas que se hayan añadido (p. ej. las cargas de mica, feldespato y cuarzo favorecen la reacción del silicato)<sup>86</sup>. Estos revestimientos tienen la peculiaridad de que no forman capa, sino un recubrimiento mineral de estructura microporosa. Sin embargo, es importante indicar que, para acercar su mención a la disciplina pictórica, a lo largo de esta tesis se hará referencia a él como aglutinante o como fijativo según el uso que se haga de él.

### 1.2.1 SILICIFICACIÓN O PETRIFICACIÓN

La pintura al silicato tiene unos componentes básicos que son: pigmentos inorgánicos pulverizados, finas partículas de cargas minerales y silicato potásico líquido. La reacción con el soporte es llamada *silificación o petrificación*, siendo un proceso único y específico que se produce en esta técnica, por ella los pigmentos y cargas minerales quedan incorporados de forma inseparable a la superficie del sustrato, es decir, si se produce la reacción adecuada hace que no se pueda eliminar fácilmente, por tanto no es una pintura reversible.

En cuanto al proceso de fijación se podría establecer cierta relación con la pintura al fresco. En esta última, los pigmentos minerales se fijan al soporte según se va secando el agua y simultáneamente se produce químicamente la carbonatación de la cal con el fraguado del soporte. En la pintura al silicato la fijación se produce por reacción química del silicato potásico sobre el soporte inerte ya fraguado (en el caso de ser un mortero) y su aplicación se realiza con el soporte seco.

---

<sup>85</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p.106

<sup>86</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con el director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007.

El silicato potásico de estas pinturas, al ser aplicada sobre un soporte mineral poroso actúa en dos fases:

1-. **Unión física.** En primer lugar, se produce su absorción por capilaridad<sup>87</sup>. Al aplicarse en dilución con agua, se reduce la viscosidad del silicato líquido que envuelve a las partículas sólidas (pigmentos y cargas minerales reactivas), lo que facilita su penetración en los capilares del soporte, es decir los pigmentos quedan unidos al soporte por adhesión<sup>88</sup>, e inmediatamente comienza su secado *“Por evaporación del agua se forma una capa vidriosa, con lo que en primer lugar seca físicamente”* <sup>89</sup>.

Además se produce:

a. **Cambio drástico del índice de refracción.** En principio indicar lo que Max Doerner expone en cuanto al índice de refracción: *“En el caso de la capa de pintura a la cola, húmeda, la creta está rodeada de agua [...] El índice de refracción del pigmento y del material que lo rodea es parecido. No se produce acción cubriente”*. En la pintura al silicato ocurre algo similar al aplicar el producto, dependiendo del pigmento escogido la pintura aparentemente no cubre el soporte y se observa cierta transparencia. Según va secando aumenta su efecto cubriente *“En el caso de la capa de pintura a la cola seca, el agua se ha evaporado. La pequeña cantidad en la sustancia de color seca no juega óptimamente papel alguno; las partículas de creta están únicamente envueltas por aire [...] Los índices de refracción del pigmento y del material que lo envuelve son muy diferentes: Se produce acción cubriente.”* <sup>90</sup> Como en este ejemplo, al secar la pintura al silicato los pigmentos no quedan rodeados de un aglutinante que varíe su índice de refracción significativamente, sino que participan también del índice de refracción del aire (al formarse una red microcristalina y porosa, como se verá más adelante), resultando una pintura muy cubriente y luminosa.

b. El silicato potásico, en contacto con el CO<sub>2</sub> del aire va adquiriendo una consistencia más viscosa (estado de gel) *“Según se evapora el agua, los silicatos líquidos se vuelven progresivamente más pegajosos y más viscosos [...] una mayor deshidratación le lleva*

---

<sup>87</sup> **Capilaridad.** “2. Fís. Propiedad de atraer un cuerpo sólido y hacer subir por sus paredes, hasta cierto límite, el líquido que las moja, como el agua, y repeler el que no las moja, como el mercurio” *Gran Enciclopedia Universal*. Vol.4.Madrid: Espasa Calpe, 2004. p.2126

<sup>88</sup> **Adhesión.** “3 Fís. Fuerza de atracción que mantiene unidas moléculas de distinta especie [...]” **Adhesión molecular** Quím. Fuerzas intermoleculares que hacen que se adhieran entre sí los sólidos o los líquidos.” *Gran Enciclopedia Universal*. Vol.1 Madrid: Espasa Calpe, 2004. p.150

<sup>89</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p.106

<sup>90</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. pp. 19-20

a una condición final de dureza”<sup>91</sup>. Se inicia por tanto el proceso de reacción química con el soporte formando enlaces de silicato microcristalino<sup>92</sup>.

**2-. Reacción química, silicificación o petrificación.** Reacción química que Max Doerner indica:

*“[...] bajo el influjo del ácido carbónico atmosférico, se vuelve a formar el insoluble ácido silícico (cuarzo), con lo que el carbonato potásico sale fuera. El carbonato potásico atrae fuertemente al agua, se derrite muy rápidamente y se esparce pronto. Los pigmentos quedan incrustados en la capa de cuarzo que se hace completamente insoluble y muy resistente a influencias exteriores y que silifica con el enfoscado. En la preparación se suelen introducir materiales de carga que evitan la precipitación prematura del ácido silícico. También se emplean pigmentos que, como el blanco de cinc, reaccionan con el ácido silícico y forman silicatos”<sup>93</sup>*

El silicato soluble se produce (ver 1.1.2 Vidrio soluble o silicatos solubles) con arena de cuarzo y carbonato potásico ( $\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3$ ) + 1400 °C, desprendiéndose  $\text{CO}_2$ , por lo que se obtiene el silicato potásico ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ). Mediante el tratamiento de agua y presión se consigue el silicato potásico líquido ( $\text{K}_2\text{SiO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$ ) que, una vez estabilizado se utiliza para fabricar la pintura. Después es necesaria la acción del dióxido de carbono del aire  $\text{CO}_2$  para que se inicie la reacción de “silificación” de la pintura. Al actuar el  $\text{CO}_2$  se forma  $\text{SiO}_2 \times \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{CO}_3$  (gel de sílice y pintura al silicato silicificada) en la superficie tratada y capilares por los que ha penetrado el líquido, formándose un silicato microcristalino insoluble amorfo<sup>94</sup>.

En cuanto a la reacción de fijación de esta técnica Peter Mayer especifica que:

*“Se conocen como **silicatización** de las pinturas de silicato las muy complejas reacciones químicas del silicato potásico, disuelto inicialmente en agua, que forma gel de sílice insoluble y diferentes silicatos insolubles. Esta silicatización se produce esencialmente a tres niveles:*

*1 - Con el anhídrido carbónico del aire, en una reacción de neutralización, se precipita el gel de sílice, un sólido insoluble.*

*2 - En combinación con las cargas reactivas de la pintura, se producen silicatos insolubles y gel de sílice.*

---

<sup>91</sup> PQ CORPORATION. “Bonding and Coating Applications of PQ Soluble Silicates.” [en línea] Bulletin 12-31. Philadelphia: PQ (Philadelphia Quartz Company), 2006.

[http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin\\_12-31.pdf](http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin_12-31.pdf) [Consulta: Julio 2008]

<sup>92</sup> ECO-HOUSE. “About Silicate Dispersion Paints, meeting German Standard DIN 18363” [en línea]. En *Silicate Paints*. New Brunswick (Canada): Eco-House natural products. [http://www.eco-house.com/silicate\\_paints.htm](http://www.eco-house.com/silicate_paints.htm) [Consulta: Julio 2008]

<sup>93</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. pp. 106,107

<sup>94</sup> BEECK. *What does Beeck stand for? Beeck Mineral Paints-Painting systems that meet the highest requirements* [en línea]. Beeck Mineral Paints. [http://www.beeck.de/english/wir\\_en/wasistbeeck.html](http://www.beeck.de/english/wir_en/wasistbeeck.html) [Consulta: Febrero 2007]

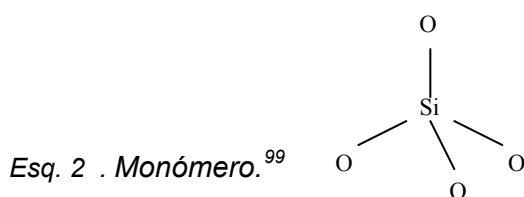


3 - Además, el ligante de silicato potásico reacciona con componentes minerales del soporte formando silicatos insolubles, p. ej. Silicato cálcico y magnésico”<sup>95</sup> (Peter Mayer, entrevista personal, 14 de Marzo 2007)

Por lo tanto el proceso reactivo y encadenamiento se ve favorecido por los elementos químicos aportados por las cargas minerales añadidas, pigmentos y el propio soporte (carbonato cálcico, óxidos de metales...).

Los silicatos insolubles presentan estructuras con enlaces silicio-oxígeno, basadas en la estructura de la sílice, muy parecidas a las de los silicatos naturales inorgánicos (ver 3.1 Resinas de silicona). Los silicatos alcalinos que se utilizan con pigmentos tienen ratios bajos, aproximadamente de 1.6, con lo que presentan características como: alta alcalinidad, gran solubilidad, rápido tiempo de secado, presentan humedad de aglutinación y baja viscosidad, aunque también muestran menor fuerza o resistencia que los de alto ratio<sup>96</sup>. La alta solubilidad del silicato potásico permite su rápida dilución en agua, y su baja viscosidad permite una excelente humectación de las partículas de pigmento.

Con los silicatos de baja ratio resultan capas más flexibles, ya que éstas suelen retener algo de agua, lo que les hace conservar algo de plasticidad y ser menos quebradizos que las formadas por silicatos de ratio alta.<sup>97</sup> Además, las cadenas de sílice formadas en la red son más sencillas, es decir, pocas estructuras complejas y alto contenido monomérico (Esq.2), en los que “El átomo de sílice no está unido a ningún otro de sílice. Esto caracteriza al sílice en el anión monomérico del silicato  $\text{SiO}_4^{-4}$ ”<sup>98</sup>.



Las cadenas formadas por productos de ratio más alta, o más silicios, tienen reducido contenido de monómeros y un alto número de estructuras tridimensionales

<sup>95</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con el director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007.

<sup>96</sup> GILL, Petra M. “Environmental Safe Binders for Agglomeration” Bulletin 9. Philadelphia: PQ CORPORATION (Philadelphia Quartz Company), 2003.

[http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin\\_9.pdf](http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin_9.pdf) [Consulta: Julio 2008]

<sup>97</sup> PQ CORPORATION. “Bonding and Coating Applications of PQ Soluble Silicates.” [en línea] Bulletin 12-31. Philadelphia: PQ (Philadelphia Quartz Company), 2006.

[http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin\\_12-31.pdf](http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin_12-31.pdf) [Consulta: Julio 2008]

<sup>98</sup> PQ CORPORATION “Silicate Solution Chemistry” [en línea] Philadelphia: PQ (Philadelphia Quartz Company). [http://www.pqcorp.com/technicalservice/understanding\\_silicatesolchem.asp](http://www.pqcorp.com/technicalservice/understanding_silicatesolchem.asp) [Consulta: Julio 2008]

<sup>99</sup> PQ CORPORATION “Silicate Solution Chemistry” [en línea] Philadelphia: PQ (Philadelphia Quartz Company). [http://www.pqcorp.com/technicalservice/understanding\\_silicatesolchem.asp](http://www.pqcorp.com/technicalservice/understanding_silicatesolchem.asp) [Consulta: Julio 2008]

complejas<sup>100</sup> (cadenas observables por Resonancia Espectroscópica Magnética Nuclear (NMR) de la sílice), aunque presentan estructuras más resistentes y productos más viscosos<sup>101</sup>.

## 1.2.2 RELACIÓN CON EL SOPORTE Y PERMEABILIDAD

### Soporte<sup>102</sup>

La pintura al silicato no es adecuada para ser aplicada sobre soportes orgánicos, como maderas o tableros, tampoco sobre escayola o rocas yesosas u otras pinturas (Ver Anexo III. Otros soportes inertes y pintura al silicato). La dolomía (Ver Anexo II. Dolomía de Bernuy como soporte escultórico) es un soporte susceptible para esta técnica, y aunque no es una piedra muy porosa, se realizarán las pruebas pertinentes para comprobar el resultado y fijación de esta técnica.

El soporte para la pintura al silicato en principio debe cumplir dos propiedades: -la primera que ha de tener una composición inorgánica, ya que la reacción química de petrificación del silicato potásico se produce con el pigmento y con el soporte mineral, y -la segunda es que ha de ser poroso. La porosidad del soporte es una característica esencial, como comentaba Peter Mayer *“para conseguir su óptimo anclaje con el soporte mineral, el silicato potásico disuelto en agua necesita poder penetrar en el soporte (porosidad), además la temperatura del soporte debe ser de al menos +5° C y máximo 30° C.”*<sup>103</sup>. Por lo que es conveniente evitar altas temperaturas que se pueden producir en verano y a pleno sol.

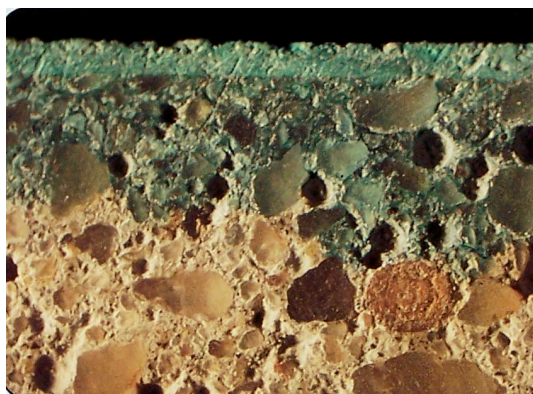


Fig. 19 .Silicato potásico líquido (Keim Fixativ coloreado). Probeta realizada por la empresa. Corte de una sección de revoco muy poroso. Fotografía.<sup>104</sup>

---

<sup>100</sup> PQ CORPORATION “Silicate Solution Chemistry” [en línea] Philadelphia: PQ (Philadelphia Quartz Company). [http://www.pqcorp.com/technicalservice/understanding\\_silicatesolchem.asp](http://www.pqcorp.com/technicalservice/understanding_silicatesolchem.asp) [Consulta: Julio 2008]

<sup>101</sup> PQ CORPORATION. “Bonding and Coating Applications of PQ Soluble Silicates.” [en línea] Bulletin 12-31. Philadelphia: PQ (Philadelphia Quartz Company), 2006.

[http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin\\_12-31.pdf](http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin_12-31.pdf) [Consulta: Julio 2008]

<sup>102</sup> **Soporte.** “Se llaman soportes a los materiales tales como revoco, madera, lienzo, cartón, papel, etc., que con imprimación o sin ella, son pintados y soportan la verdadera capa del cuadro” DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p. 121.

<sup>103</sup> Entrevista personal con Peter Mayer, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica SL, Mollet del Vallés, Barcelona, 14 de Marzo de 2007.

<sup>104</sup> KEIM FARBEN, “Pinturas minerales Keim: una técnica excepcional” [folleto informativo y comercial, versión electrónica en línea]. Barcelona: Keim Ecopaint Iberica S.L. 2006. p. 4. [http://www.keim.es/folleto/FO\\_General.pdf](http://www.keim.es/folleto/FO_General.pdf) [Consulta Julio 2008]

La baja viscosidad del silicato hace que penetre en los capilares del soporte, considerándose adecuada una profundidad de entre 0,5 a 2 mm., pero dependerá de la porosidad y diámetro de los poros del soporte. Si el soporte es muy poroso habrá de aplicarse una fina capa de fijativo para regularizar la absorción de la superficie y la penetración de la dilución de silicato. Una proporción usada frecuente suele ser de 1 parte de silicato potásico con dos o tres de agua destilada (para dolomía no es necesario, ver 2.1.5 Imprimación al silicato potásico).

La superficie a pintar ha de ser compacta y estar seca, no ha de presentar signos de deterioro o disgregación, microorganismos, contaminantes superficiales, suciedad o polvo (ver Anexo II. En apartado II.1.3 Deterioro natural de la piedra. Factores). Si es necesario se puede limpiar la superficie con aire a presión, con un cepillo o lavarse con agua limpia.

### **Permeabilidad**

Un factor importante de deterioro de la pintura es la formación de una capa impermeable sobre el soporte. En las pinturas de dispersión orgánica plásticas, la humedad y condensación que se produce por debajo de la capa impermeable de pintura hace que los vapores produzcan levantamientos de la película pictórica (aparición de embolsamientos) y causan su fracaso prematuramente (desconchados) ya que no permiten que el agua salga al exterior (fig. 20).

Las pinturas al silicato son apreciadas por proporcionar su alto nivel de transpirabilidad y no formar capa. Mediante la reacción de petrificación o unión mineral con el soporte, forman una estructura microcristalina mineral de poro abierto. Esta unión micro-transpirable con el soporte permite que el vapor de agua salga al exterior por lo que no se agrietan, descascarillan o hinchán por efecto de la humedad. El pequeño tamaño de los poros evita y dificulta la entrada de agua *“La resultante estructura microcristalina tiene un tamaño de poro que permite el paso libre del vapor [...], pero los poros o ‘agujeros’ son suficientemente pequeños para prevenir la entrada del agua”*<sup>105</sup> El agua líquida provoca la dilución de sales al penetrar en el soporte mineral, sales que quedarían acumuladas en el interior de la piedra en zonas cercanas a su superficie. Además, la formación de red y enlaces por parte del silicato, refuerza la estructura superficial del soporte y produce un efecto consolidante en la zona de penetración del producto.

---

<sup>105</sup> DAVIES, Garet. “Vapour Permeable paint” [en línea]. Artículo en *Building Conservation*. <http://buildingconservation.com/articles/vapour/vapour.htm> [Consulta: julio 2008]

*Fig.20. Deterioro de una pintura plástica sobre mortero de cemento en un muro que ha sufrido infiltraciones de humedad.*

*Presencia de desconchados con desprendimiento, agrietamientos y microorganismos. Interior de la antigua estación de Autobuses C. Aniceto Marinas, Madrid, 2007.*



Por ejemplo las resinas artificiales se ven muy afectadas por los cambios de temperatura, ya que los coeficientes de expansión térmica entre este producto y el soporte mineral sobre el que están aplicadas son muy diferentes, lo que causa estrés y movimientos por dilatación y contracción de la capa de recubrimiento, lo que causa el craquelado y levantamiento de la misma (fig. 21).



*Fig.21. Escultura situada a la intemperie. Policromada con pintura acrílica diluida (óxido rojo y negro) y recubierta de una capa final de resina de poliéster la cual ha sufrido un importante deterioro (Desconchado, levantamiento y amarilleado).*

*Material escultórico de vaciado (mortero de cemento gris con Arlita).*



## 1.2.3 RESISTENCIA

### 1.2.3.1 Microorganismos y ácidos

#### Resistencia a microorganismos

La dolomía es especialmente atacada por microorganismos (ver Anexo II, en II.1.3 Deterioro natural de la piedra. Factores). Por ejemplo, transcurridos tres años de su exposición a la intemperie, se apreciarán de visu zonas irregulares con microorganismos (fig. 22), los cuales producen un oscurecimiento progresivo negruzco-agrisado de la piedra.



Fig. 22. *Diferentes fases de ataque de microorganismos sobre dolomía, las piedras inferiores han estado más de cinco años expuestas a la intemperie.*

El pH alcalino del silicato, con valores de PH entre 12 y 14 dificulta el crecimiento de las esporas de microorganismos o algas. Además al proporcionar un recubrimiento transpirable evita la acumulación de humedad permitiendo la evaporación de agua, ya que es éste último uno de los principales factores favorables para el desarrollo de algas y hongos. Con ello la policromía al silicato sobre dolomía es un factor importante para dificultar el ataque de microorganismos e influir en la protección de la piedra.

#### Ácidos (lluvia ácida)

Las pinturas al silicato son muy resistentes a los contaminantes atmosféricos, *“Las pinturas minerales Keim son una protección eficaz contra las influencias de los ácidos de la atmósfera, procedentes del azufre y del ácido sulfúrico”*.<sup>106</sup> Max Doerner también hace referencia a esta capacidad de las pinturas al silicato indicando que es una técnica que: *“Es*

<sup>106</sup> KEIM FARBEN, “El extraordinario espectro de la técnica de silicatos de keim” [folleto informativo y comercial] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica SL, 2005. p. 6.

*insensible a los gases sulfurosos de los humos y se ha acreditado como muy estable al aire libre*<sup>107</sup>.



*Fig. 23. Efecto de la contaminación ambiental sobre piedra en un ámbito urbano, con acumulación de contaminantes y suciedad (circulación constante y próxima de vehículos. Localización Calle de San Juan. Segovia, 2008)*

Estas pinturas minerales, a diferencia con las pinturas acrílicas, no poseen o forman cargas electrostáticas, con lo que no atraen a la suciedad o el polvo y por tanto dificultan la acumulación de contaminantes sobre las superficies tratadas.

*Fig.24. Prueba de resistencia a los ácidos, realizada por la empresa. “El test de reacción a soluciones ácidas ilustra la resistencia de las pinturas de silicato KEIM, que incluso después de mucho tiempo de permanencia en el ácido no sufren alteración. Sin embargo la pintura de cal es atacada de forma rápida por la solución ácida”.Fotografía*<sup>108</sup>



---

<sup>107</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p. 245.

<sup>108</sup> KEIM FARBEN, “Pinturas minerales Keim: una técnica excepcional” [folleto informativo y comercial, versión electrónica en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica S.L. 2006. p. 6  
[http://www.keim.es/folletos/FO\\_General.pdf](http://www.keim.es/folletos/FO_General.pdf) [Consulta Julio 2008]

### 1.2.3.2 Fuego. Resistencia al calor 980°C.

Una de las principales características que presenta esta pintura es ser incombustibles, resistentes a altas temperaturas, no se carbonizan ni desprenden gases. *“no se inflaman, ni siquiera bajo la llama de un soplete de soldadura, todo lo contrario de lo que ocurre con las pinturas de dispersión o siliconadas. Esto significa, que en caso de incendio: No se destruye el soporte de la pintura y no se originan gases tóxicos por los efectos del calor.”*<sup>109</sup>



Fig.25. Extrema resistencia de la pintura al silicato a la llama. Fotografía <sup>110</sup>

## ENSAYO Nº 1

## RESISTENCIA AL CALOR 980 °C

### PLAQUETAS CERÁMICAS PINTADAS AL SILICATO

Probetas: plaquetas de cerámica en tono crudo para baja temperatura y barro rojo cocido.

Pintura al silicato: Técnica B de Keim (ver 2.2 K. Dekorfarben - Técnica B), 1capa de pintura pastada diluida al 50% con Fixativ (probetas fig. 26)

A la semana de aplicar el color en las piezas se realiza la cocción de las plaquetas en un horno eléctrico para cerámica.

Tiempo de subida de la temperatura 12 horas. (*Permanencia en horno hasta su apertura 24 horas*).

Después de la cocción de las plaquetas se observa el cambio de color según se detalla a continuación (fig. 26. de izquierda a derecha):

- Amarillo de Nápoles oscuro (amarillo claro): oscurece tomando un tono ocre, producido por el tostado del pigmento,
- Amarillo óxido (ocre): pasa a ser de tono rojo óxido presentando motas oscuras,
- Rojo inglés claro: pasa a ser un tono más oscuro y rojizo, manchas oscuras.
- Sombra natural: Tono también más tostado con un ligero jaspeado.
- Caput mortuum: Cambio de tono, también cálido y con jaspeados.
- Verde ultramarino: queda más verdoso y más claro. Mancha algo al tacto y en húmedo.

<sup>109</sup>KEIM FARBEN, “Pinturas minerales Keim: una técnica excepcional” [folleto informativo y comercial, versión electrónica en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica S.L. 2006. p. 5  
[http://www.keim.es/folleto/FO\\_General.pdf](http://www.keim.es/folleto/FO_General.pdf) [Consulta Julio 2008]

<sup>110</sup>KEIM FARBEN, “Pinturas minerales Keim: una técnica excepcional” [folleto informativo y comercial, versión electrónica en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica S.L. 2006. p. 5  
[http://www.keim.es/folleto/FO\\_General.pdf](http://www.keim.es/folleto/FO_General.pdf) [Consulta Julio 2008]



- Azul ultramarino oscuro: Mayor cambio cromático, queda blanco con alguna mancha más oscura.
- Blanco cinc: No cambia.
- Negro. Sigue siendo un color muy oscuro pero con un tono cálido.

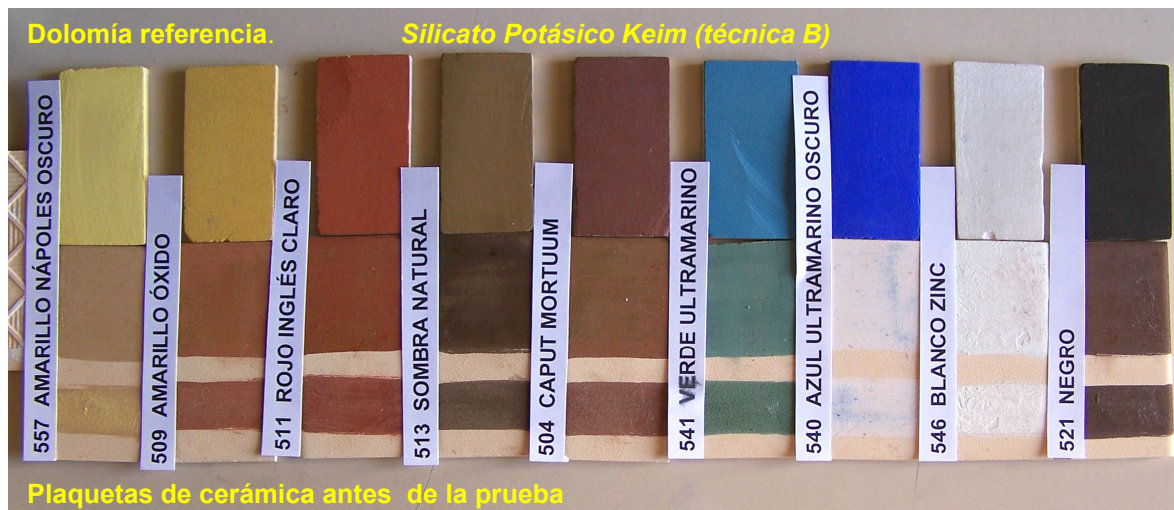


Fig.. 26 Piezas de referencia de dolomía y plaquetas después de su cocción a 980°C pintadas al silicato-Técnica B.

En las plaquetas cerámicas pintadas con Restauro Lasur de Keim (ver 2.1.1 K. Restauro-Lasur), se observan prácticamente los mismos resultados de cambio de color que en las probetas anteriores (fig. 27).

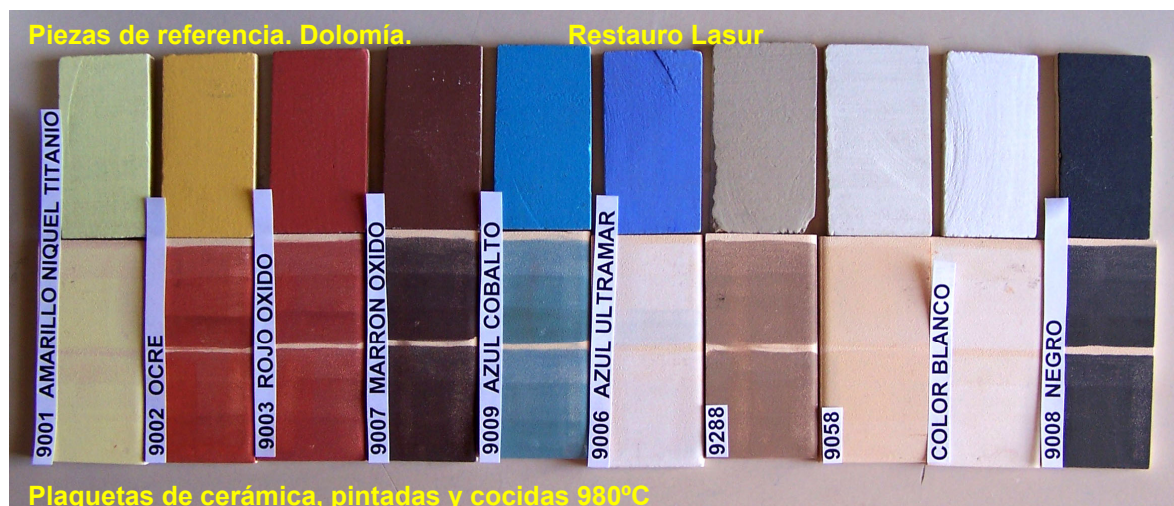


Fig.. 27. Piezas de referencia y plaquetas después de cocidas. Pintadas con Restauro Lasur.

En las plaquetas pintadas con Sylitol Volltonfarben de la marca comercial Caparol (ver 2.3 Otros silicatos sobre dolomía), el del azul ultramarino y amarillo se decoloran significativamente quedando las plaquetas de color blanco, mientras que el ocre y verde adquieren un tono oscuro jaspeado (fig. 28)





Fig. 28. Probetas de dolomía de referencia (arriba) y plaquetas después de su cocción a 980°C (abajo)

En todas ellas observa una ligera descohesión estructural del pigmento al producirse un leve desprendimiento de partículas de color al tacto y al pasar un pincel seco sobre la superficie pero, aunque las altas temperaturas han incidido directamente sobre los pigmentos, la pintura al silicato muestra una elevada resistencia. Junto con las muestras de cerámica se incluyeron en el horno varias piezas de piedra de dolomía (fig. 29) pintadas con silicato potásico Keim (técnica B), las cuales dado su componente magnésico-cálcico se fragmentaron al día siguiente de sacarlas del horno y estar en contacto con la humedad ambiental (fig. 30), posteriormente se han convertido poco a poco en polvo fino. La capa de silicato potásico superficial actuó inicialmente de elemento de cohesión ante la disgregación inminente de la piedra.

Fig. 29. Dolomía pintada (Técnica B)  
Probetas de Referencia.

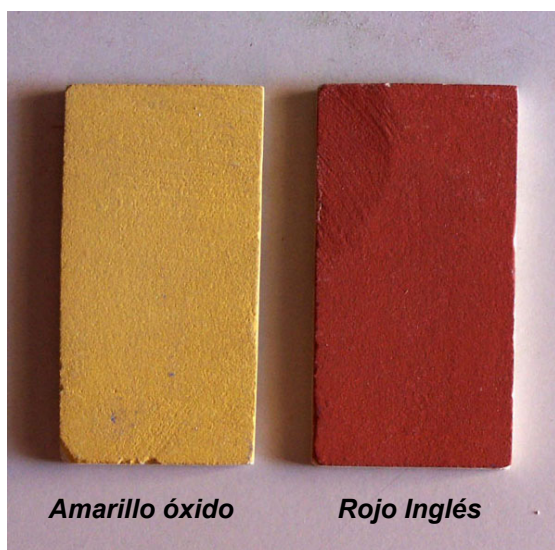


Fig. 30. Dolomía pintada (Técnica B)  
Después de cocción a 980 °C

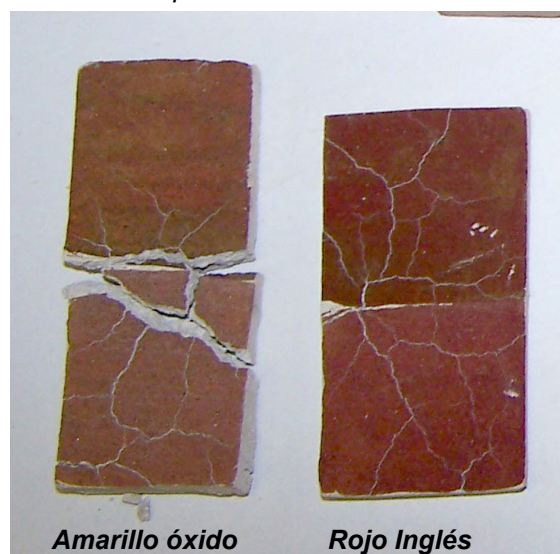
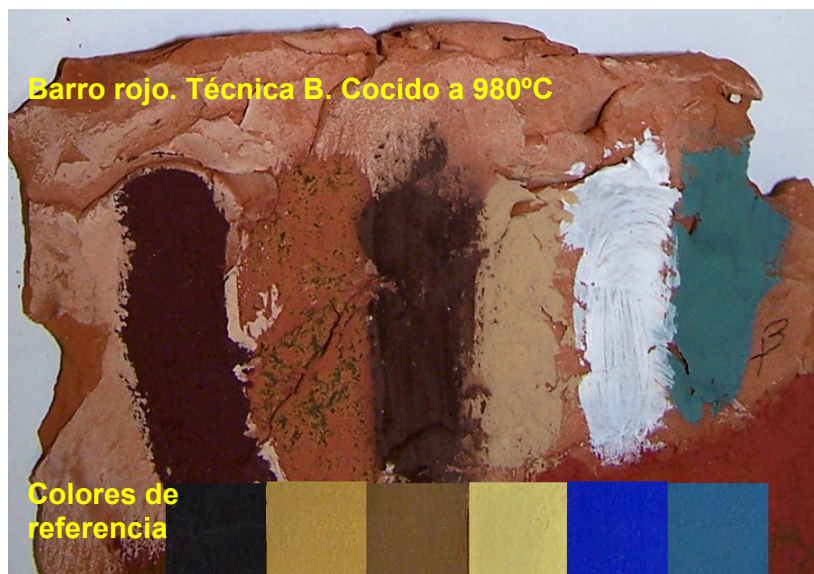


Fig. 29 y 30. Dolomía de referencia (izquierda) y piedras después de su cocción a 980°C. Proceso de desintegración, en 24 horas las piedras cocidas quedan fragmentadas en pequeños trozos, después de varios días su disgregación en cuantiosos fragmentos hacen que sea imposible la reconstrucción de la plaqueta de piedra.

Fig. 31. Colores: Técnica B Keim. Los cambios cromáticos sobre barro rojo son prácticamente similares a los presentados por las piezas de cerámica de color crudo. Los colores de referencia son (de izda a dcha): negro, amarillo óxido, sombra natural, amarillo Nápoles oscuro, azul ultramarino y verde ultramarino.



## 1.2.4 PIGMENTOS

Para la realización de un trabajo artístico los pigmentos han de ofrecer buena resistencia y estabilidad ante las radiaciones ultravioleta<sup>111</sup> (fig. 32) *“Ni la climatología adversa, ni la fuerte radiación de rayos UVA son capaces de degradar el color de una pintura Keim. Todos sus componentes son estables a la luz; incluso después de decenas de años.”*<sup>112</sup>

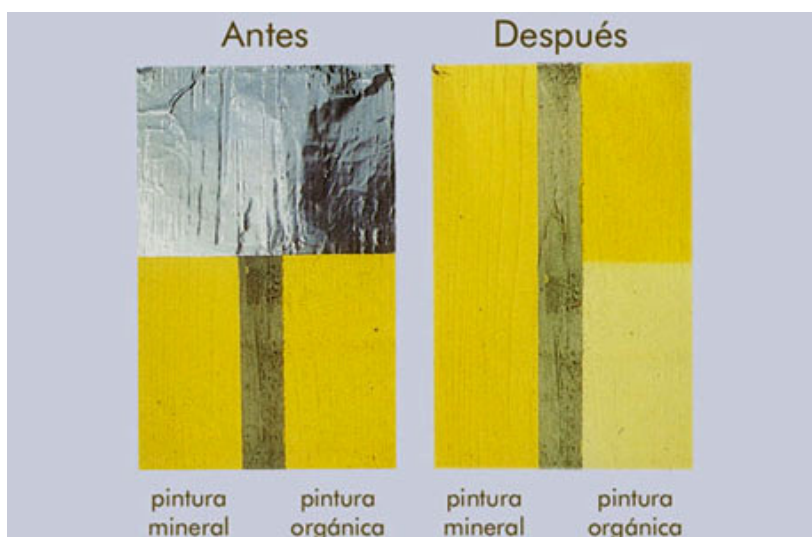


Fig.32. “El ensayo de envejecimiento artificial (equivale a un año de exposición a la intemperie) ilustra la estabilidad de las pinturas Keim frente a la decoloración de las pinturas orgánicas” Fotografía.<sup>113</sup>

<sup>111</sup> **Radiaciones Ultravioleta.** “Pertenece o relativo a la radiación electromagnética invisible del espectro luminoso [...] fuertemente ionizante, excitadora de fluorescencia y de alta influencia biológica. Su existencia se revela principalmente por acciones químicas” *Gran Enciclopedia Universal*. Vol.17. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p.11633.

<sup>112</sup> KEIM FARBEN, “Pinturas minerales Keim: una técnica excepcional” [folleto informativo y comercial, versión electrónica en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica S.L. 2006. p. 6. [http://www.keim.es/folleto/FO\\_General.pdf](http://www.keim.es/folleto/FO_General.pdf) [Consulta Julio 2008]

<sup>113</sup> KEIM FARBEN, “Pinturas minerales Keim: una técnica excepcional” [folleto informativo y comercial, versión electrónica en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica S.L. 2006. p. 6. [http://www.keim.es/folleto/FO\\_General.pdf](http://www.keim.es/folleto/FO_General.pdf) [Consulta Julio 2008]

Para la técnica al silicato los pigmentos han de ser además resistentes a la alcalinidad del silicato potásico y no originar reacciones químicas con éste, por lo que la gama de colores es limitada, aunque suficiente para realizar una buena policromía.

*”Se necesita un fondo especial porque sólo se puede pintar con colores especialmente preparados. Estos tienen que ser pulverizados con un fijador apropiado al fondo y al los colores [...] La elección de los colores es todavía más limitada que en la pintura al fresco [...] Los colores contienen adiciones que se transformen químicamente por el fijado [...] La pintura mineral de Keim es algo más llena de tono que el fresco”<sup>114</sup>.*

Los pigmentos también pueden producir reacciones químicas al mezclarlos con el silicato (ver ensayo 2.2.2 Pintura pastada. Silicatos líquidos).

*“Un pigmento es sólido frente al vidrio soluble cuando mezclado con él no varía su tono de color ni se espesa ni produce eflorescencia.*

#### **Verificación**

*El pigmento a ensayar se mezcla con vidrio soluble. Si la mezcla se vuelve viscosa o gelatinosa, el pigmento es inadecuado [...] La destrucción o las eflorescencias se manifiestan generalmente al cabo de pocos días. Para trabajos artísticos duraderos deberán emplearse pinturas de vidrio soluble ya preparadas, como las pinturas minerales Keim. No es recomendable la fabricación propia por los riesgos que ello implica”<sup>115</sup>*

La pintura al silicato muestra una alta luminosidad debido a que el pigmento participa del índice de refracción del aire, presentando un alto grado de reflexión de la luz y radiaciones solares *“Las pinturas minerales Keim tienen una estructura microcristalina. Esto hace que sean reflejadas perfectamente las radiaciones de luz y de calor”.*<sup>116</sup>

Sobre los pigmentos Max Doerner indica que en esta técnica *“Los pigmentos quedan incrustados en la capa de cuarzo que se hace completamente insoluble y muy resistente a influencias exteriores y que sillifica con el enfoscado. En la preparación se suelen introducir materiales de carga que evitan la precipitación prematura del ácido silícico. También se emplean pigmentos que, como el blanco de cinc, reaccionan con el ácido silícico y forman silicatos. La pintura al vidrio soluble aplicada correctamente es una técnica estable”.*<sup>117</sup> Por tanto, es esencial que al aplicar el silicato se tengan en cuenta los factores que inciden en el logro de una perfecta silicatización, lo cual se verá en los siguientes capítulos.

---

<sup>114</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p. 245

<sup>115</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001 p. 31.

<sup>116</sup> KEIM FARBEN, “El extraordinario espectro de la técnica de silicatos de keim” [folleto informativo y comercial] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica SL, 2005. p.5.

<sup>117</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001 pp. 106-107.

## 2. POLICROMÍA AL SILICATO SOBRE DOLOMÍA.

**E**n este capítulo se investigarán los productos al silicato y su aplicación sobre dolomía, tratando aspectos como: propiedades, metodología de aplicación, proporciones, resistencia, etc., con indicaciones sobre los resultados y observaciones más relevantes. Mediante las probetas se establecerán datos indicativos para el empleo de esta técnica sobre dolomía, roca formada fundamentalmente por carbonato cálcico-magnésico (ver Anexo II. Dolomía de Bernuy como soporte escultórico) y es preciso comprobar la reacción de fijación del silicato potásico sobre esta piedra.

*“El poder aglutinante de los silicatos alcalinos aumenta cuando está en contacto con otros minerales. Con los síliceos, y por tanto también con el vidrio, al favorecerse la formación de geles de sílice, y con los calcáreos al reaccionar rápidamente con los iones cálcicos y formar una sales más insolubles”.<sup>118</sup>*

Policromar una escultura mediante silicato potásico implica responsabilidad y conocimiento del procedimiento ya que es una técnica irreversible, y cuando se produce la silicatización del producto con el pigmento y el soporte, su fijación es tal, que para eliminarla es preciso incidir directamente sobre el acabado de la escultura lijando su superficie.

Datos sobre las aplicaciones realizadas:

Medidas: Las cantidades de producto empleadas en las pruebas se han realizado mediante volúmenes y en casos puntuales por peso (ver técnica al silicato K. Dekorfarben-Técnica B).

Aplicación: Los colores y aplicaciones de productos se han realizado mediante pincel de cerda natural.

Soporte: Dolomía de Bernuy. Selección de piezas de reciente extracción, que no presentan signos de deterioro (ver Anexo II, en II.1.3 Deterioro natural de la piedra. Factores).

Preparación de las probetas de dolomía de Bernuy:

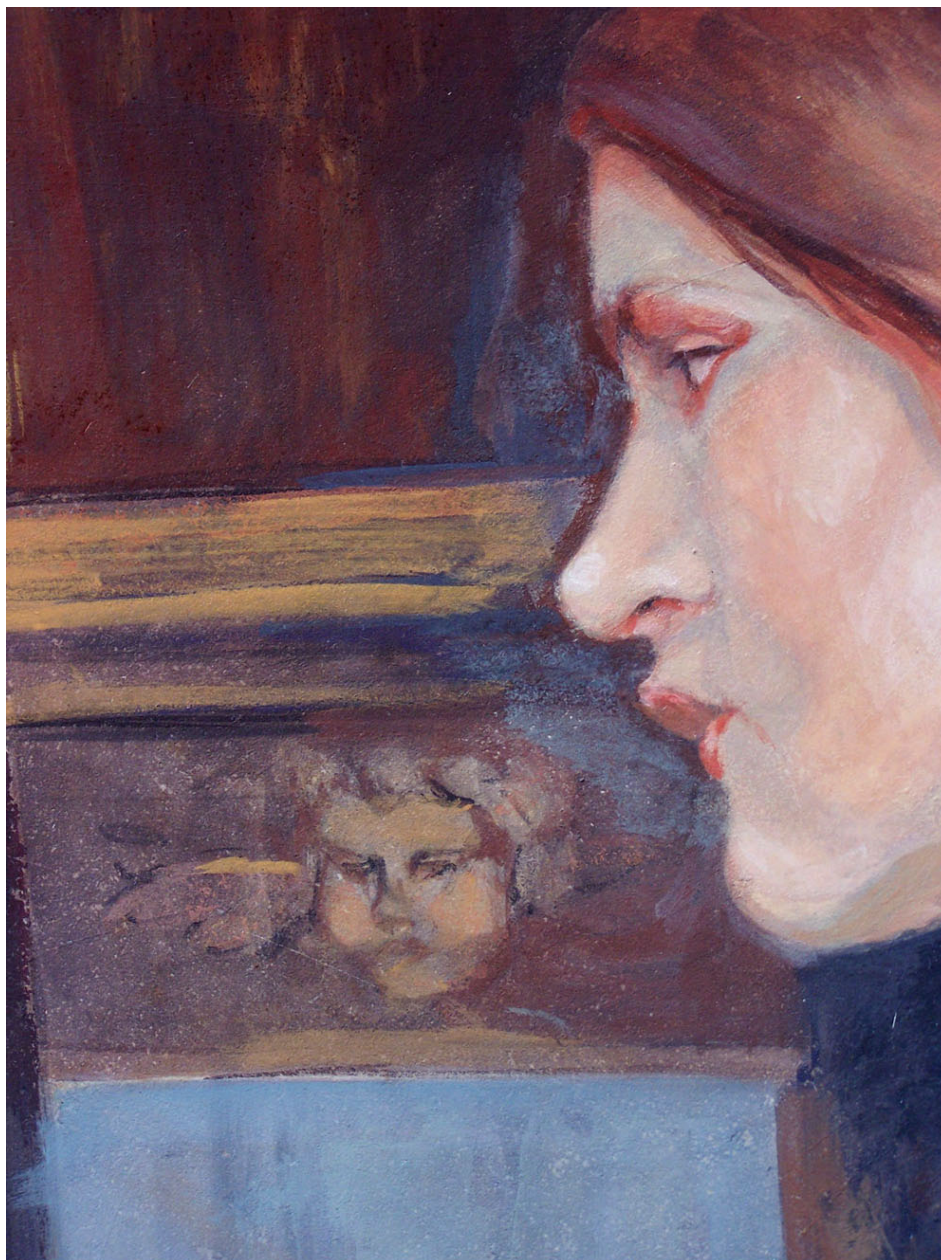
- Medidas de las probetas: 3 x 5 x 0,5 cm.
- Trozos cortados con radial y disco diamantado para corte de piedra.
- Mediante lijadora de banda se ha igualado la superficie.
- Limpieza con cepillo de cerda natural en seco para eliminar el polvo adherido.
- Eliminación de partículas de polvo mediante lavado con agua y cepillo. El tiempo mínimo de secado de las probetas para la aplicación del silicato ha sido de 48 horas.

---

<sup>118</sup> CARBONELL DE MASY, Manuel. *Observación y restauración de monumentos: Piedra, cal, arcilla*. Barcelona: Vanguard Gráfico, 1993. p. 21.



- Previamente a la aplicación de los productos, se han limpiado las probetas mediante cepillo de pelo corto de cerda natural.



*Fig. 33. Detalle. M. Ángeles Sánchez Davía. Placa de dolomía policromada mediante capas de veladuras al silicato (Restauro Fixativ) y yuxtaposición de pinceladas para obtener el volumen de la figura. Se puede observar la riqueza de los tonos correspondientes a los óxidos y el cromatismo natural que aportan los pigmentos minerales. Trabajo de investigación desarrollado al final de esta sección.*

## 2.1 SILICATOS KEIM SELECCIONADOS E INDICACIONES GENERALES

Después de consultar información y documentación sobre productos de varias empresas especializadas en silicatos, se han seleccionado los productos formulados y fabricados por la empresa Keim al considerar que ofrecen garantías de ser los más adecuados para trabajos artísticos de calidad. De ellos se han seleccionado tres productos al silicato potásico, uno es específico para realizar veladuras sobre piedra (Restauro Lasur), los otros dos (Dekorfarben y Künstlerfarben) son específicos para realizar pinturas murales sobre soportes preparados con mortero de cal, cemento y finos áridos, aunque son susceptibles de reaccionar adecuadamente sobre un soporte inerte como es la piedra.

A continuación se incluye una tabla con los datos específicos de cada uno de los productos que se van a utilizar.

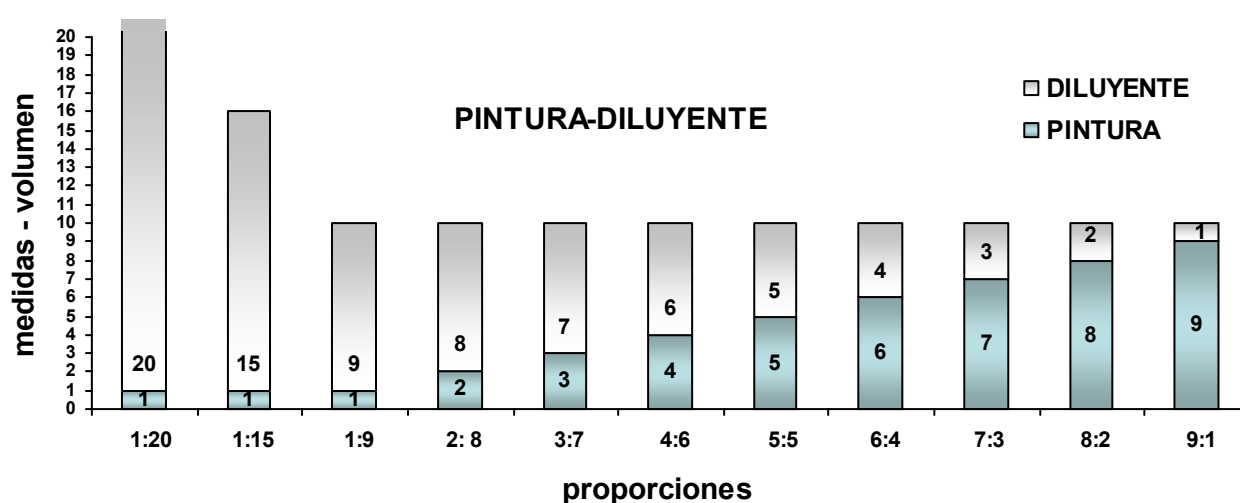
Tabla 1. Datos sobre los productos.

| PRODUCTO<br>Utilización/aglutinante  | APLICACIÓN   | FIJATIVOS y/o<br>DILUYENTES<br>Composición  | PIGMENTOS   |
|--|--|---|---|
| <b>Nº 1 _ KEIM<br/>RESTAURO LASUR</b><br><br><i>Veladuras/pátinas<br/>sobre piedra natural</i><br><br>AGLUTINANTE:<br><b>Sol-Silicato<br/>(dispersión de<br/>silicato)</b> | <b>Pintura lista al uso<br/><br/>+ diluyente</b>   | Imprimación y diluyente:<br><b>RESTAURO FIXATIV</b><br><br>Composición: silicato<br>potásico y siliconatos<br><br>Imprimación y diluyente:<br><b>SPEZIAL FIXATIV</b><br><br>Composición: silicato<br>potásico, acrilato puro y<br>resina de silicona. | Incorporados al<br>producto   |
| <b>Nº 2 _ KEIM<br/>DEKORFARBEN<br/>TÉCNICA B</b><br><br><i>Murales decorativos</i><br><br>AGLUTINANTE:<br><b>Silicato Potásico</b>   | <b>Bicomponente:<br/>Dekorfarbpulver + Fixativ</b><br><br><b>Preparación previa de<br/>la pintura (aglutinante +<br/>pigmento)</b><br><br><b>+ diluyente</b> | Imprimación, aglutinante<br>y diluyente: <b>FIXATIV</b><br><br>Composición: silicato<br>potásico.   | <b>DEKORFARPULVER</b><br><br>Pigmentos molidos<br>estables a la luz, y<br>cargas minerales<br>reactivas |
| <b>Nº 3 _ KEIM<br/>KUNSTLERFARBEN<br/>TÉCNICA A</b><br><br><i>Murales artísticos</i><br><br>AGLUTINANTE:<br><b>Silicato Potásico</b>                                       | <b>Bicomponente:<br/>Künstlerfarben +<br/>Fixiermittel</b><br><br><b>Aplicación del<br/>pigmento hidratado y<br/>diluído<br/>+ fijación posterior</b>        | Fijador o ligante:<br><b>FIXIERMITTEL</b><br><br>Composición: silicato<br>potásico.   | <b>KÜNSTLERFARBEN</b><br><br>Preparado de<br>pigmentos inorgánicos<br>pastados en agua<br>destilada.    |

Se indicará la metodología de preparación y aplicación de cada uno de los productos ya que aun siendo todos al silicato, sus procedimientos de preparación, aplicación y técnica pictórica son diferentes como se verá a continuación.

En el gráfico 1, se indican las proporciones de pintura-diluyente que se van a aplicar en las probetas de dolomía para comprobar la capacidad cubriente y de veladura, así como la fijación al soporte.

*Grafico 1. Tabla genérica de proporciones elegidas para lograr una progresión de mezcla más o menos uniforme.*



## INDICACIONES GENERALES EN LA APLICACIÓN DE PINTURA AL SILICATO

Estas indicaciones se han de tener en cuenta en las aplicaciones de pintura al silicato.<sup>119</sup>

- No utilizar bajo condiciones climáticas adversas (lluvia, viento excesivo, heladas) o con luz directa del sol en la superficie a pintar.
- La aplicación mínima es de dos capas de pintura, con un intervalo entre cada una de ellas mínimo de 12 horas, aunque el secado superficial se produce en pocos minutos.
- El soporte mineral ha de estar visualmente seco antes de su aplicación.
- Los elementos susceptibles de salpicaduras, como cristal, metal, cerámica, cemento, han de cubrirse o limpiarse inmediatamente con agua, ya que el silicato los corroe fuertemente.
- Si se produce la acumulación de silicato en la superficie, después del secado se observará una superficie ligeramente satinada, esto es debido a una aplicación excesiva

<sup>119</sup> Según las fichas técnicas de productos al silicato (ver Anexo V, en V.1 Silicato potásico Keim). También disponibles en KEIM Ecopaint Ibérica S.L. "Fichas técnicas". Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica, 2007. <http://www.keim.es> [consulta: Octubre 2008]

- de producto o a la irregularidad de absorción del soporte. Para evitarlo ha de eliminarse inmediatamente el sobrante mediante un trapo limpio y seco.
- Almacenamiento de los productos en un lugar fresco y en envases de plástico. Éstos se podrán conservar hasta tres años si se encuentran herméticamente cerrados y a una temperatura ambiente comprendida entre los 5° a 25°C.
  - La limpieza de los materiales es muy sencilla ya que se utiliza agua, aunque su limpieza no ha de demorarse ya que el silicato deteriora los materiales orgánicos delicados como son las cerdas de los pinceles.
  - Esta técnica es inodora, no es tóxica y no contiene disolventes aromáticos. Únicamente en la técnica A se observa un ligero olor a amoníaco.
  - La temperatura ambiental ideal de aplicación está entre los 5°C y 20°C, por lo que no es conveniente emplear los productos al silicato con temperaturas superiores a los 30°C ni en temporada de heladas.

### **Toxicidad y medio ambiente**

Son pinturas de baja toxicidad pero con una alta alcalinidad, por lo que se ha de tener precaución si se produce el contacto con la piel y ojos, los cuales habrán de lavarse con abundante agua. Se pueden producir alergias por contacto, pero en general son neutras para aquellas personas no alérgicas, y al estar diluidas su contacto con la piel no causa un efecto inmediato de irritación como ocurre por ejemplo con la cal. De todas formas es aconsejable proteger ojos y piel durante el uso de estos productos.

Son libres de disolventes aromáticos y prácticamente inodoras, excepto el fijativo de la técnica A que desprende un ligero olor a amoníaco. Precisamente esta técnica precisa la utilización de un pulverizador bucal para el fijado de la pintura, por lo que no es aconsejable respirar cerca del producto que se va a pulverizar por soplado.

En general la técnica al silicato no es contaminante dada la naturaleza mineral del cuarzo, feldespatos, pigmentos minerales, cargas etc. ya que éstos son productos que existen en la naturaleza.



## 2.1.1 KEIM RESTAURO - LASUR (específico veladuras)

Es el primer producto que se utilizó para realizar las pruebas al silicato. Su empleo como pintura final y su composición hace que no sea posible pintar sobre él con pinturas puras al silicato.

### 2.1.1.1 Composición y procedimiento

#### **Keim Restauro-Lasur**

Es una pintura lista al uso (de un componente), indicada sobre todo para la realización de veladuras en soportes pétreos y para igualar diferencias de tono de la piedra. Su composición es de sol-silicato<sup>120</sup>, es decir, es una pintura de dispersión de silicato con contenido en materias orgánicas inferior al 5% en volumen según la norma DIN 18363, 2.4.1(Ver ficha técnica Anexo V, en V.1 Silicato potásico - Restauro Lasur).

El aglutinante de sol-silicato *“asegura una silicatización controlada que no aporta ligante-consolidante no deseado al soporte”*.<sup>121</sup>, siendo una pintura que se considera como *“capa de sacrificio”*, es decir forma una capa protectora que sufre un proceso de erosión y degradación natural, dato a tener en cuenta si la pieza va a ser colocada a la intemperie.

#### **Composición**

En cuanto a su composición indicar que: *“el ligante mayoritario es silicato potásico disuelto en agua; adicionalmente contiene una dispersión de acrilato puro y como hidrofugante una emulsión de resina de silicona. Los pigmentos son de carácter inorgánico, en su mayoría óxidos de metales, que son totalmente estables a la luz y a la intemperie. Como cargas se emplean polvos de distintos minerales micronizados”*.<sup>122</sup>

Se utiliza en restauraciones de monumentos y edificios de piedra natural, ya que aporta una protección hidrófoba y transpirable que favorece su conservación frente a los agentes atmosféricos. Esta técnica al silicato ofrece las ventajas y propiedades de las pinturas minerales y las de los componentes orgánicos, aunque los contiene en pequeña proporción, como la resina de silicona, que actúa como protección hidrófuga, y la resina de acrilato que aporta mayor resistencia e incluso cierta consolidación de la superficie del soporte.

---

<sup>120</sup> Ver nota nº 69 a pie de página.

<sup>121</sup> KEIM Ecopaint Iberica SL. “Sistema de restauración y protección de la piedra natural: Keim Restauro” [Folleto en versión electrónica]. Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica, 2007. [http://www.keim.es/folleto/FO\\_Restauro.pdf](http://www.keim.es/folleto/FO_Restauro.pdf) [Consulta: Octubre 2007]

<sup>122</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con el director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007.

## **Diluyentes**

Las pruebas se realizan por duplicado para experimentar con dos productos por separado (Ver Anexo V. Fichas Técnicas). En este caso, a estos productos se los denomina como diluyentes porque se emplean para hacer más fluida la pintura, pero en su composición participa el propio aglutinante de la pintura más diluido (silicato potásico). Siendo:

Restauro-Fixativ: “contiene el ligante de silicato potásico, y una ligera hidrofugación de siliconatos”.

Spezial - Fixativ: “contiene los ligantes (silicato potásico y dispersión de acrilato puro), así como una emulsión de resina de silicona. El contenido orgánico total es de aprox. 3.5% en volumen.”<sup>123</sup>

## **Procedimiento (extracto de la Ficha Técnica. Anexo V)**

### Fijación previa/ imprimación:

El fabricante recomienda que se aplique una capa de imprimación sin diluir, en soportes arenosos o muy absorbentes. Aunque la dolomía no es una roca muy absorbente se han preparado dos series de probetas, unas tratadas previamente con imprimación y otras sin ella.

Veladura: En exteriores el fabricante recomienda aplicar dos capas (ver Ensayo N 2 y 3)

- Para un acabado muy transparente:

- 1º fijación o imprimación con el diluyente
- 2º una sola mano de veladura muy diluida.

Capas cubrientes: (ver Ensayo N 4)

MANO DE FONDO: Sería la primera capa de color que se aplica sobre el soporte

- aplicada muy diluida, entre 1:1 y 1:20 con el diluyente.

MANO DE ACABADO: que puede aplicarse:

- sin diluir o poco diluida (efecto más cubriente)
- capa diluida, según efecto veladura

### Datos genéricos de aplicación:

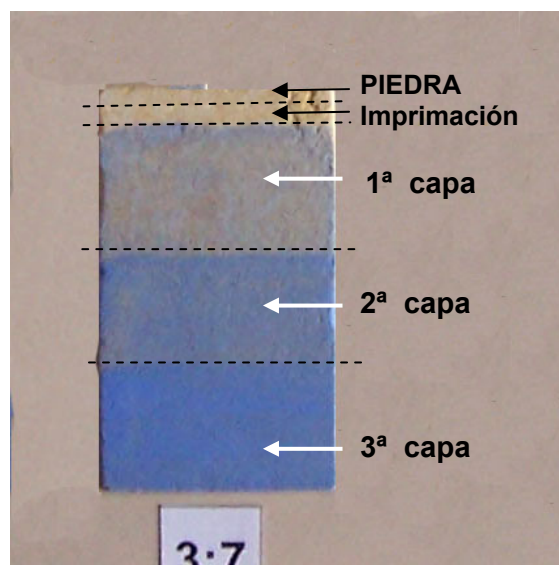
- Para veladuras muy transparentes el fabricante indica que en ocasiones es necesario aplicar una imprimación hidrofugante (Silangrund) para aumentar la protección ante la humedad y el uso de Spezial Fixativ como diluyente.
- Este producto no requiere hidrofugación posterior.
- Siempre: secado mínimo entre capas de 12 horas.
- Cubrir todos los elementos circundantes ante posibles salpicaduras.

---

<sup>123</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con el director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007.

### 2.1.1.2 Veladuras de color, proceso y observaciones.

Fig. 34. Detalle. Distribución de capas en una probeta de piedra. Muestra realizada con Restauro Lasur diluido con Spezial Fixativ.



## VELADURAS

## Cuadro genérico de proporciones

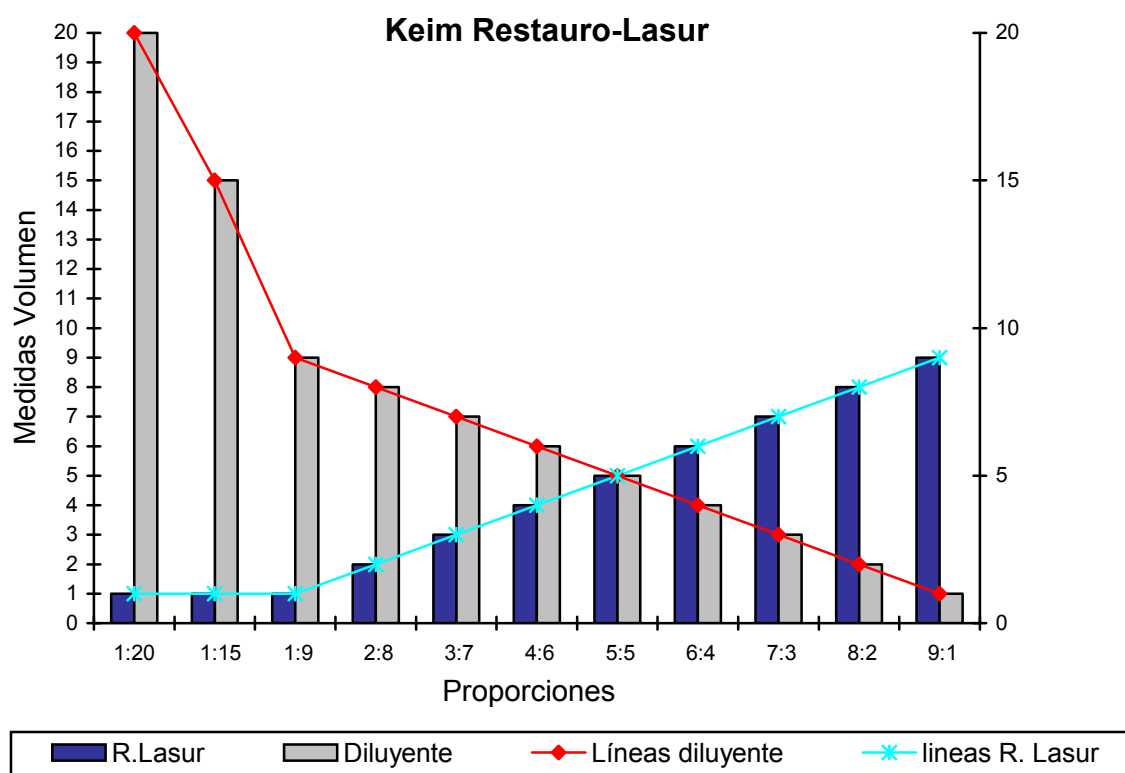


Grafico 2. Proporciones utilizadas sobre las probetas-muestra de dolomía.

## ENSAYO N° 2

## VELADURAS

### RESTAURO- LASUR (PINTURA) + RESTAURO - FIXATIV (DILUYENTE)

Soporte: Dolomía de Bernuy.

Color: 9006 Azul ultramar.

Tiempo de secado entre capas: 24 horas.

**Tabla 2. Muestras A.** Proporciones utilizadas en las piezas de la parte superior de la fotografía (con imprimación)

| pedra<br>Imprimación<br>RestauroFixativ | pedra<br>Rest.<br>Fixativ | pedra<br>Rest.<br>Fixativ | pedra<br>Rest.<br>Fixativ | pedra<br>Rest.<br>Fixativ | pedra<br>Rest.<br>Fixativ | pedra<br>Rest.<br>Fixativ | pedra<br>Rest.<br>Fixativ | pedra<br>Rest.<br>Fixativ | pedra<br>Rest.<br>Fixativ | pedra<br>Rest.<br>Fixativ | pedra<br>Rest.<br>Fixativ |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1ªcapa                                  | 1:20                      | 1:15                      | 1:9                       | 2:8                       | 3:7                       | 4:6                       | 5:5                       | 6:4                       | 7:3                       | 8:2                       | 9:1                       |
| 2ªcapa                                  | 1:20                      | 1:15                      | 1:9                       | 2:8                       | 3:7                       | 4:6                       | 5:5                       | 6:4                       | 7:3                       | 8:2                       | 9:1                       |
| 3ªcapa                                  | 1:20                      | 1:15                      | 1:9                       | 2:8                       | 3:7                       | 4:6                       | 5:5                       | 6:4                       | 7:3                       | 8:2                       | 9:1                       |

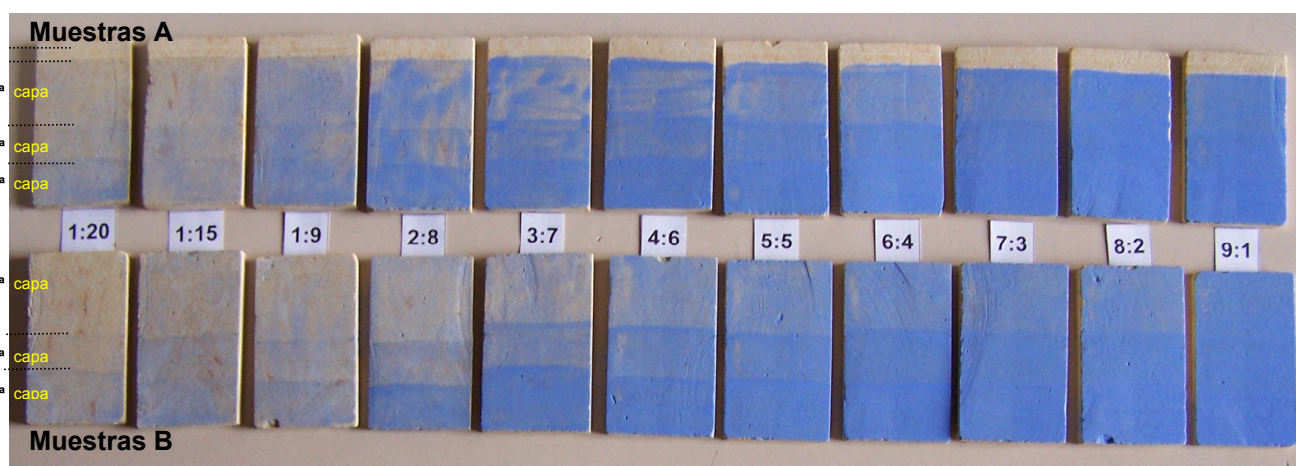


Fig. 35. Restauro-Lasur diluido con Restauro-Fixativ. Muestras A-Tabla 2 (Arriba) probetas con imprimación previa, abajo: Muestras B-Tabla 3 (Abajo) sin imprimación previa.

**Tabla 3, Muestras B.** Proporciones utilizadas en las piezas de la parte inferior de la fotografía (sin imprimación)

| pedra  | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1ªcapa | 1:20  | 1:15  | 1:9   | 2:8   | 3:7   | 4:6   | 5:5   | 6:4   | 7:3   | 8:2   | 9:1   |
| 2ªcapa | 1:20  | 1:15  | 1:9   | 2:8   | 3:7   | 4:6   | 5:5   | 6:4   | 7:3   | 8:2   | 9:1   |
| 3ªcapa | 1:20  | 1:15  | 1:9   | 2:8   | 3:7   | 4:6   | 5:5   | 6:4   | 7:3   | 8:2   | 9:1   |

■ \* Proporciones con las que se obtienen veladuras.

**ENSAYO N° 3****VELADURAS****RESTAURO LASUR (PINTURA) + SPEZIAL FIXATIV (DILUYENTE)**

Soporte: Dolomía de Bernuy.

Color: 9006. Azul ultramar.

Tiempo de secado entre capas: 24 horas.

**Tabla 4. Muestras A.** Proporciones utilizadas en las muestras de la parte superior de la fotografía. ( con imprimación)

| piedra                       | piedra             | piedra            | piedra            | piedra            | piedra            | piedra            | piedra            | piedra            | piedra            | piedra            | piedra            |
|------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| imprimación<br>SpzialFixativ | Spzial-<br>Fixativ | Spzial<br>Fixativ | Spzial<br>Fixativ | Spzial<br>Fixativ | Spzial<br>Fixativ | Spzial<br>Fixativ | Spzial<br>Fixativ | Spzial<br>Fixativ | Spzial<br>Fixativ | Spzial<br>Fixativ | Spzial<br>Fixativ |
| 1ªcapa                       | 1:20               | 1:15              | 1:9               | 2:8               | 3:7               | 4:6               | 5:5               | 6:4               | 7:3               | 8:2               | 9:1               |
| 2ªcapa                       | 1:20               | 1:15              | 1:9               | 2:8               | 3:7               | 4:6               | 5:5               | 6:4               | 7:3               | 8:2               | 9:1               |
| 3ªcapa                       | 1:20               | 1:15              | 1:9               | 2:8               | 3:7               | 4:6               | 5:5               | 6:4               | 7:3               | 8:2               | 9:1               |

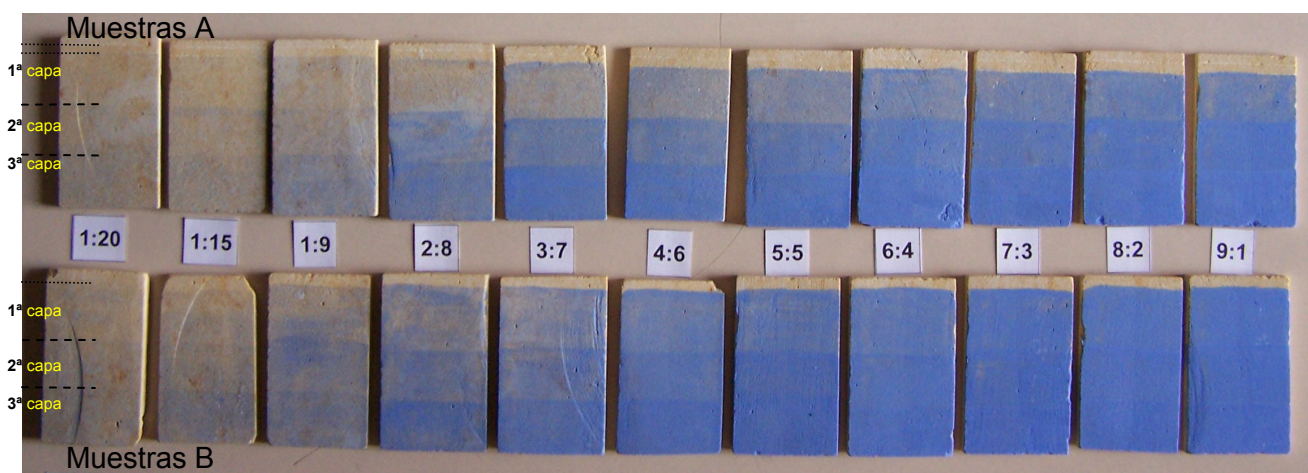


Fig.36. Restauro-Lasur diluido con Spezial-Fixativ. Arriba, probetas con imprimación (tabla A), abajo sin ella (tabla B)

**Tabla 5. Muestras B.** Proporciones utilizadas en las piezas de la parte inferior de la fotografía (sin imprimación).

| piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1ªcapa | 1:20   | 1:15   | 1:9    | 2:8    | 3:7    | 4:6    | 5:5    | 6:4    | 7:3    | 8:2    | 9:1    |
| 2ªcapa | 1:20   | 1:15   | 1:9    | 2:8    | 3:7    | 4:6    | 5:5    | 6:4    | 7:3    | 8:2    | 9:1    |
| 3ªcapa | 1:20   | 1:15   | 1:9    | 2:8    | 3:7    | 4:6    | 5:5    | 6:4    | 7:3    | 8:2    | 9:1    |

■ \* Proporciones con las que se obtienen veladuras.

**Datos sobre la aplicación de color en veladuras a las muestras (Ensayo N° 2 y N° 3)**

**Tabla 6.** Ensayo N° 2, Fig. 35. Aplicación de R. Lasur diluido con Restauro Fixativ sobre las probetas de dolomía.

| <u>Muestras A- Diluido con <b>Restauro Fixativ</b> (prueba CON imprimación)</u> |           |        |      |
|---|-----------|--------|------|
| Imprimación   | 15-8-2006 | 4:00h  | 24°C |
| 1ª capa color   | 16-8-2006 | 10:00h | 24°C |
| 2ª capa color   | 17-8-2006 | 9:30h  | 21°C |
| 3ª capa color   | 18-8-2006 | 4:00h  | 21°C |
| <u>Muestras B- Diluido con <b>Restauro Fixativ</b> (prueba SIN imprimación)</u> |           |        |      |
| 1ª capa color   | 16-8-2006 | 10:30h | 24°C |
| 2ª capa color   | 17-8-2006 | 10:00h | 21°C |
| 3ª capa color   | 18-8-2006 | 4:00h  | 21°C |

**Tabla 7.** Ensayo N° 3, Fig. 36. Aplicación de R. Lasur diluido con Spezial Fixativ sobre las probetas de dolomía.

| <u>Muestras A - Diluido con <b>Spezial Fixativ</b> (prueba CON imprimación)</u> |           |        |      |
|---|-----------|--------|------|
| Imprimación   | 16-8-2006 | 11:00h | 24°C |
| 1ª capa color   | 17-8-2006 | 11:00h | 21°C |
| 2ª capa color   | 18-8-2006 | 11:30h | 22°C |
| 3ª capa color   | 19-8-2006 | 11:30h | 20°C |
| <u>Muestras B- Diluido con <b>Spezial Fixativ</b> (prueba SIN imprimación)</u>  |           |        |      |
| 1ª capa color   | 16-8-2006 | 11:30h | 24°C |
| 2ª capa color   | 17-8-2006 | 11:00h | 21°C |
| 3ª capa color   | 18-8-2006 | 11:30h | 2°C  |

## OBSERVACIONES

### **Aplicación**

Esta pintura se comercializa lista para su uso. Pero es preciso diluirla con alguno de los productos indicados con los que ha de mezclarse bien hasta obtener una pasta homogénea. Esta mezcla se puede realizar con el propio pincel, amasando o pastando la pintura hasta que se aprecie visualmente su completa integración.

En las primeras muestras (fig. 35) se puede observar una distribución de color bastante irregular, esto ha sido debido a que se han aplicado con el pincel muy cargado de pintura, y al hecho de que la superficie de dolomía es una piedra de baja absorbencia. Además, el acabado liso de la superficie de la piedra dificulta la absorción y distribución uniforme de la pintura, produciéndose cierto encharcamiento en la superficie horizontal de la plaqueta. Por



este motivo, previamente a la aplicación de veladuras o capas muy diluidas, se ha de descargar el pincel del exceso de producto presionándolo ligeramente sobre un papel de periódico, absorbente o sobre un trapo limpio, de modo que se aplique la cantidad de producto suficiente para distribuir uniformemente la veladura y difuminar la pincelada. Aunque dada la consistencia de la pintura, su peculiaridad física y la rapidez de secado, es normal que se produzcan algunas irregularidades de distribución. En las capas más opacas es más fácil distribuir el producto de forma uniforme, aunque se utilice el pincel bastante cargado de pintura.



*Fig. 37. Materiales utilizados en la aplicación de las muestras. Cepillo de cerda natural corta, utilizado para limpiar previamente las piezas. Azul ultramar, diluyente, muestras de piedra, paleta redonda de plástico, pincel plano de cerda natural y jeringuilla para medir cantidades.*

*Se observa también el cambio del índice de refracción de tono entre seco – húmedo de las muestras recientemente pintadas.*

Se ha utilizado un pincel plano de cerda natural y longitud de pelo medio. Este tipo de pinceles o brochas permiten controlar la cantidad de producto a depositar sobre la superficie, así como la presión ejercida sobre el mismo, propiedad que se vería dificultada si utilizamos un pincel de pelo corto, o de pelo excesivamente blando. Se pueden utilizar pinceles de pelo suave, pero no es aconsejable ya que después de varios usos el pelo se deteriora debido a la alta alcalinidad del silicato.

## ***Imprimación***

La aplicación de una capa de producto inicial, a modo de imprimación previa no produce cambios visuales significativos en la superficie. Tampoco se observan diferencias entre los dos diluyentes utilizados.

Únicamente, comparándolo con las probetas sin imprimación, se constata una ligera disminución de la absorción de las piezas tratadas con una capa de imprimación, fundamentalmente al aplicar capas sucesivas de color.

## ***Primera capa de color***

En las muestras se observa que la primera capa de color es muy significativa del poder cubriente que aportan las diferentes proporciones de mezcla.

Para veladuras (fig. 35 y 36), las proporciones a emplear han de oscilar entre 1:20 a 3:7 de dilución de pintura/diluyente (proporciones marcadas en color azul claro en las Tablas 2, 3, 4 y 5). A partir de estas proporciones según aumenta la proporción de pintura es muy fácil que la superficie quede cubierta por la pintura, en ellas apenas se pueden distinguir los tonos de la piedra de base.

Estos datos de referencia tomados del pigmento semi-transparente azul ultramar, muestran el alto grado de dilución necesario para obtener veladuras transparentes. Esto ha de tenerse en cuenta especialmente en el empleo de pigmentos opacos como pardos o tierras, rojos y negro, que han de emplearse muy diluidos para realizar veladuras y los pigmentos transparentes como el amarillo níquel titanio y blanco de cinc habrán de diluirse menos para lograr la veladura.

## ***Segunda y tercera capa de color:***

Aumenta de forma significativa la opacidad de la capa pictórica. Excepto en las proporciones muy diluidas en las que aumenta muy poco la opacidad al superponer capas sucesivas. Según aumenta la proporción de pintura/diluyente (a partir de la proporción 2:8 y 3:7 pintura/diluyente) la segunda capa de color es significativamente más cubriente.

Lo mismo ocurre en la tercera capa aplicada, en que sólo en las proporciones más diluidas (1:20 a 1:9 pintura/diluyente) se mantiene el efecto de veladura y transparencia del fondo.



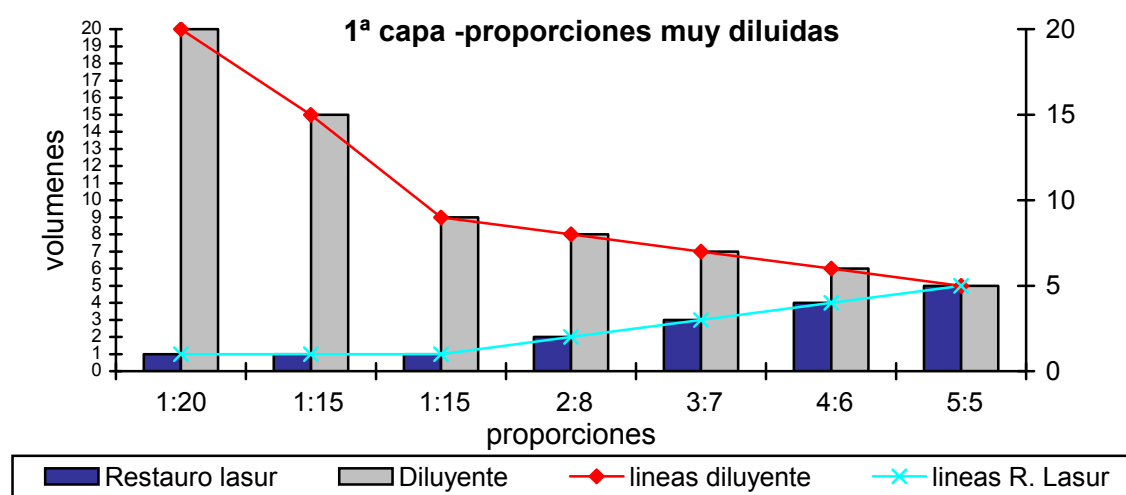
### 2.1.1.3 Capas cubrientes, proceso y observaciones.

#### **CAPAS CUBRIENTES**

#### **Cuadros genérico de proporciones**

#### **1ª CAPA (MANO DE FONDO): Muy diluida (entre 1:20 y 1:1 pintura/diluyente)**

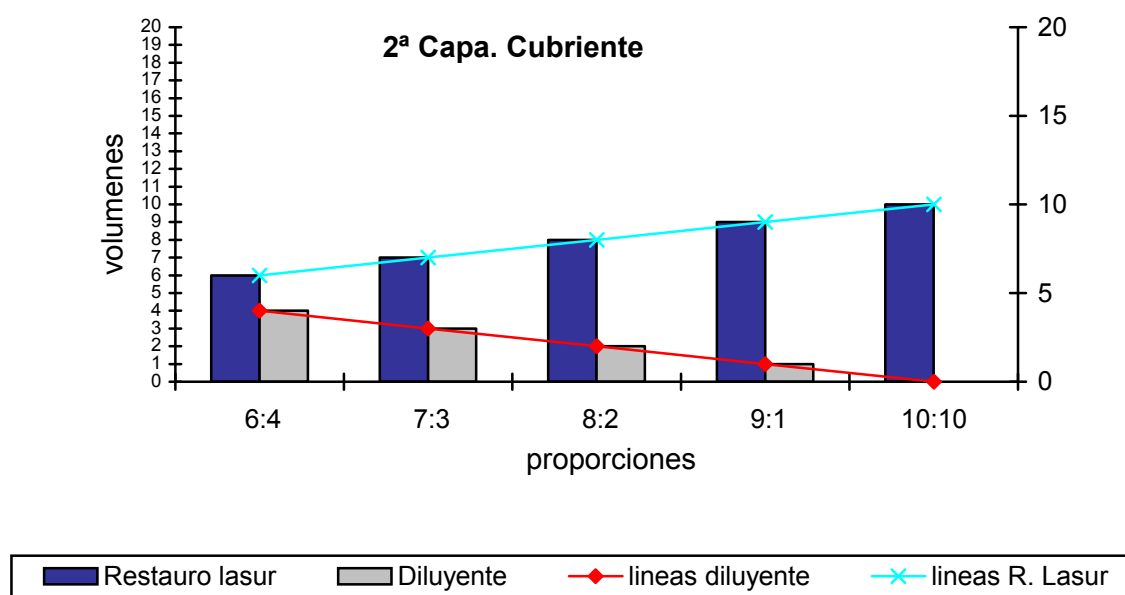
Gráfico 3. Primera capa aplicada sobre las muestras.



#### **2ª CAPA (MANO DE ACABADO):**

#### **Poco diluida o sin diluir**

Gráfico 4. Segunda capa aplicada sobre las muestras, cubriente.



## ENSAYO Nº 4

## CAPAS CUBRIENTES

**Diluyentes: Spezial Fixativ y Restauo Fixativ**

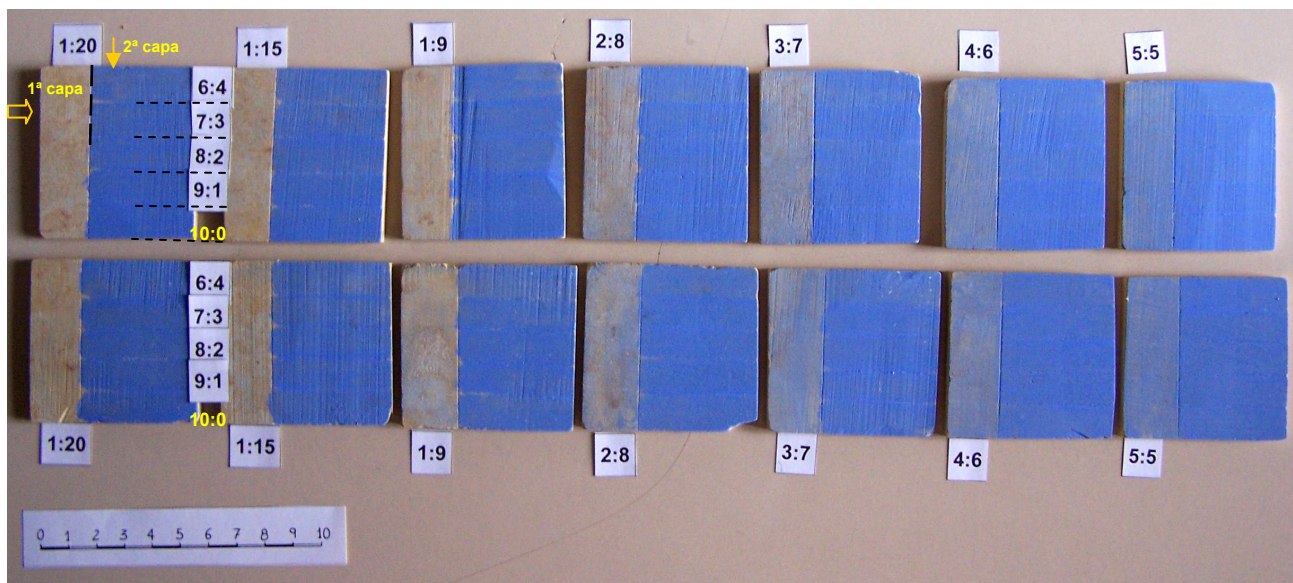


Fig. 38. Capas cubrientes diluidas. Arriba diluidas con K. Restauo Fixativ y abajo con Spezial-Fixativ.

### Datos sobre la aplicación de color cubriente a las muestras de Restauo Lasur

| <u>Capas cubrientes. Diluido con Restauo Fixativ</u> |           |        |      |
|--|-----------|--------|------|
| 1ª capa (color)                                      | 17-8-2006 | 4:00h  | 22°C |
| 2ª capa (color)                                      | 19-8-2006 | 11:30h | 20°C |
| <u>Capas cubrientes. Diluido con Spezial Fixativ</u> |           |        |      |
| 1ª capa (color)                                      | 18-8-2006 | 11:30h | 22°C |
| 2ª capa (color)                                      | 19-8-2006 | 11:30h | 20°C |

**Tabla 8.** Aplicación de capas cubrientes sobre las muestras de dolomía.

## OBSERVACIONES

La primera capa de color o “mano de fondo” se ha aplicado a toda la pieza (se puede observar en la parte izquierda de las probetas). La pintura se ha diluido según indicaba la ficha técnica con proporciones que van desde 1:20 a 1:1 (pintura/diluyente). Esta primera capa aporta en mayor o menor medida algo de color a la base según se observa en la fotografía (Fig. 38).

Para la segunda capa llamada según la ficha técnica “mano de acabado”, se ha optado por utilizar una capa en las proporciones de pintura/diluyente (6:4, 7:3, 8:2, 9:1 y 10:0, es decir, proporciones poco diluidas o sin diluir), que se pueden observar en franjas horizontales de 1cm en la parte derecha de las muestras (Fig. 38). En estas franjas se ha aplicado una sola mano de color y son en general muy cubrientes y opacas, sobre todo aquellas que tienen una primera capa con mayor proporción de pintura.

Como conclusión general, para realizar capas cubrientes es mejor aplicar una primera capa semi-diluida que ofrezca tono de color, por ejemplo 3:7 (proporción pintura/diluyente) y seguidamente cualquiera de las proporciones indicadas, por ejemplo 6:4, 7:3 con lo que se aportan capas finas y cubrientes de la superficie.



Fig. 39. Proceso de aplicación, con Restaur Lasur, de las probetas que van a colocarse a la intemperie y de referencia.

### 2.1.1.4 Colores

Este producto al ser específico para aplicar veladuras sobre piedra se puede adquirir en una amplia gama de tonos pétreos ya preparados. Tonos de la gama (Keim Palette exclusiv)<sup>124</sup>.

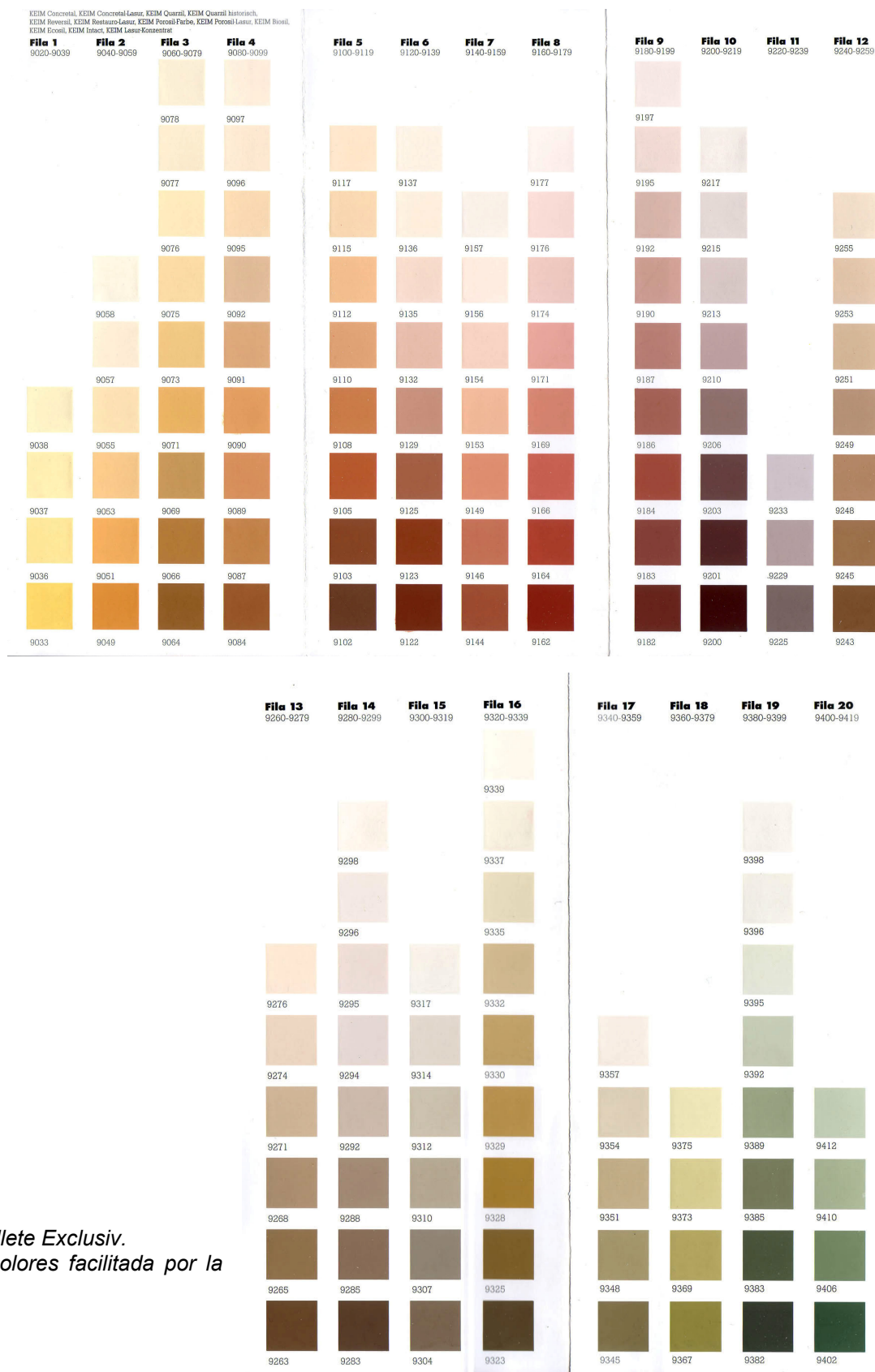


Fig. 40. Palette Exclusiv.  
Carta de colores facilitada por la empresa.

<sup>124</sup> KEIM FARBEN. "Palette Exclusiv" [en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica SL. 2006.  
[http://www.keim.es/informa/CC\\_Exclusiv.pdf](http://www.keim.es/informa/CC_Exclusiv.pdf) [Consulta: Junio 2008]



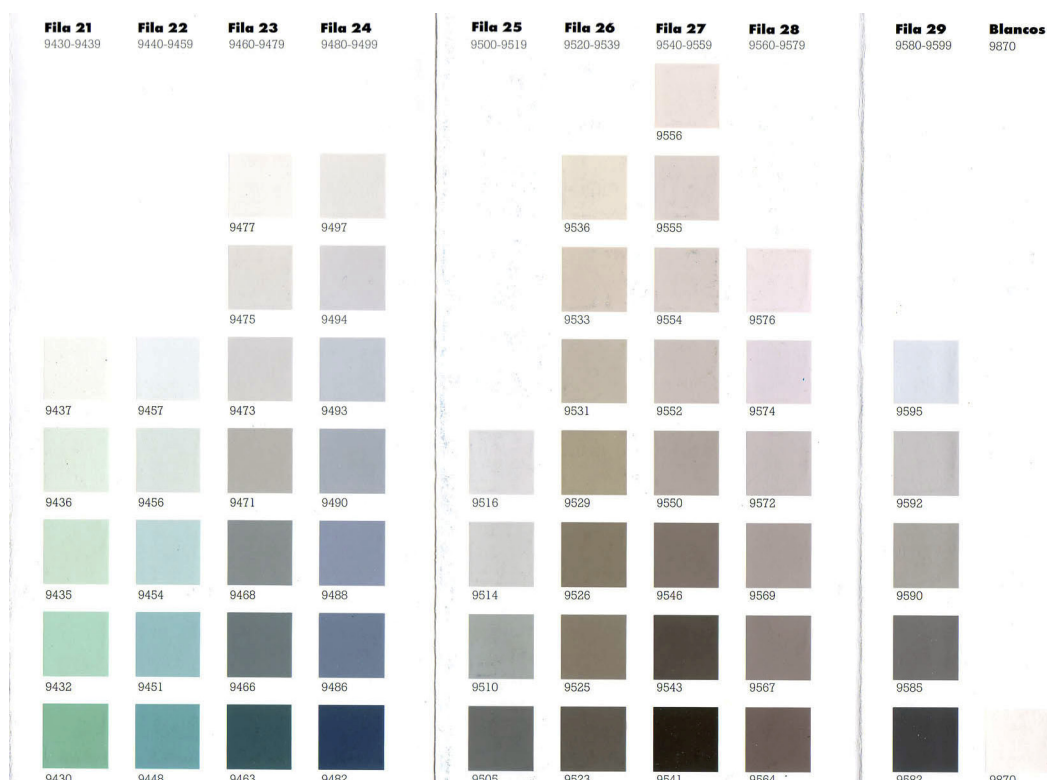


Fig. 41. Carta de colores Keim Palette Exclusiv. Fotografía<sup>125</sup>

Para las pruebas de policromía sobre dolomía se han seleccionado los tonos de los concentrados de color para Restauro Lasur que ofrece la empresa:

- 9001** Amarillo níquel titanio
- 9002** Ocre
- 9003** Rojo óxido
- 9006** Azul ultramar
- 9007** Marrón óxido
- 9008** Negro
- 9009** Azul cobalto

#### Color blanco

Dos tonos genéricos de color piedra correspondientes a los números:



Fig. 42. Concentrados de color.<sup>126</sup>



<sup>125</sup> KEIM FARBEN. "Palette Exclusiv" [en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica SL. 2006. [http://www.keim.es/informa/CC\\_Exclusiv.pdf](http://www.keim.es/informa/CC_Exclusiv.pdf) [Consulta: Junio 2008]

<sup>126</sup> KEIM Ecopaint Ibérica S.L. "Keim Farben Spektrum" [carta de colores], Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica S.L. 2006.

## ENSAYO Nº 5

## MUESTRAS DE REFERENCIA



Fig. 43. Concentrados de color Restauro Lasur.

Se preparan una serie de probetas para usarlas como referencia en posteriores ensayos y para la comparación de técnicas. (Más información sobre proporciones y resistencia a la intemperie ver apartado 2.1.6 Resistencia a la intemperie. Policromía sobre dolomía)



Fig. 44 .Colores seleccionados y resultado de la aplicación en capa cubriente sobre dolomía.

### 2.1.1.5 Obras pintadas

#### ENSAYO Nº 6

#### PLACA DE DOLOMÍA

Es imprescindible constatar las posibilidades técnicas de la pintura al silicato, el procedimiento de aplicación y su investigación de modo empírico, para lo cual se ha escogido una imagen como modelo de referencia (fig. 45) a desarrollar sobre un plano. Esta imagen es muy adecuada ya que presenta tonos naturales no excesivamente vivos apropiados a los pigmentos minerales de la pintura, además presenta difuminados y veladuras.

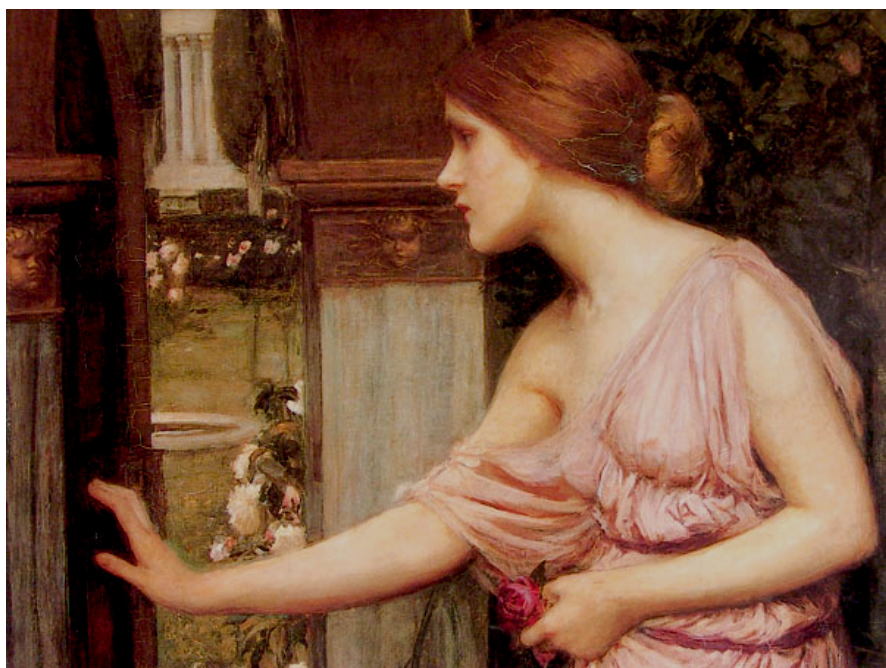


Fig. 45. J.W. Waterhouse. Imagen del fragmento de cuadro seleccionado para su representación mediante el empleo de veladuras. Fotografía P.C.N Sobregrau 127

Se emplea una placa de dolomía de Bernuy apomazada (ver Anexo II. Dolomía de Bernuy como soporte escultórico) de 72 x 52 x 3 cm. Se prepara cepillando la superficie con un cepillo de pelo corto de cerda natural y se lava la superficie con agua limpia para eliminar los restos de polvo, dejando secar la piedra durante cuatro días a temperatura ambiente.

Después, sobre la placa se aplicó una fina capa de imprimación de Restauro Fixativ. Transcurridas 12 horas de secado se emplean los concentrados de color en veladura de K. Restauro Lasur muy diluidos en Spezial Fixativ. Las mezclas se preparan muy diluidas y en pequeñas proporciones, ya que se secan rápidamente en la paleta. Después, una vez cubierta la superficie con veladuras suaves se ha empleado pintura menos diluida para cubrir las partes de color opaco. (Fig. 46).

<sup>127</sup> TABLATE, Jesús (Dir.). *Album. Letras-Artes*. [Portada], Nº 47, Primavera 96. Madrid: Album Letras Artes, SL, 1996.



Fig.46. Primeros estadios y aguadas de pintura al silicato potásico Restaurolasur, sobre dolomía de Bernuy.

Medidas: 72 x 52 x 3 cm.

La placa presenta un hueco natural en la parte izquierda, éste se ha aprovechado como elemento compositivo.



#### **OBSERVACIONES TÉCNICAS.** Fundamentalmente se constata:

- Degradados: Dificultad para realizar degradados y difuminados ya que la pintura seca rápidamente. El tiempo de trabajo húmedo sobre húmedo es muy corto, con lo que los difuminados han de trabajarse, en la mayoría de los casos, mediante yuxtaposición de pequeñas pinceladas de tonos ligeramente distintos. Es necesario trabajar por zonas, especialmente si se ha de realizar un claroscuro degradado. En pequeñas zonas se pueden hacer degradados si se preparan por ejemplo tres tonos con diferente claroscuro y se aplican en húmedo.
- Tonos y veladuras: Dificultad en la aplicación del tono adecuado debido al importante cambio del índice de refracción entre la pintura húmeda y seca. En esta técnica el tono del color final se observa en aproximadamente cuatro minutos, que es el tiempo en que tarda en evaporarse el agua del producto. Por ejemplo los tonos vivos y llenos de color que mezclamos en húmedo en la paleta al secar quedan atenuados, y tonos que en un principio se aplican en veladura, es decir diluidos de forma que transparentan el tono del fondo, al secar llegan a cubrir más de lo previsto. En otras ocasiones, en las veladuras, si el tono inferior es muy vivo influye directamente en los tonos superpuestos, sobre todo si se están utilizando pigmentos transparentes como el amarillo y el blanco.

- Pérdida de claroscuro. Especialmente con este producto los tonos oscuros pierden viveza de color y tono al secar. Esto es evidente en el tono negro, que queda agrisado o falta de profundidad y se comprueba que al mojar la superficie pintada los tonos cobran especial profundidad de tono.
- Aspecto muy mate y apariencia mineral aterciopelada. La pintura presenta una superficie de acabado completamente mate y los colores aportan una apariencia mineral natural a la superficie.
- Tiempo de espera entre capas. Es preciso esperar 12 horas como mínimo para superponer capas de color y permitir que se produzca la reacción química de fijado del silicato.

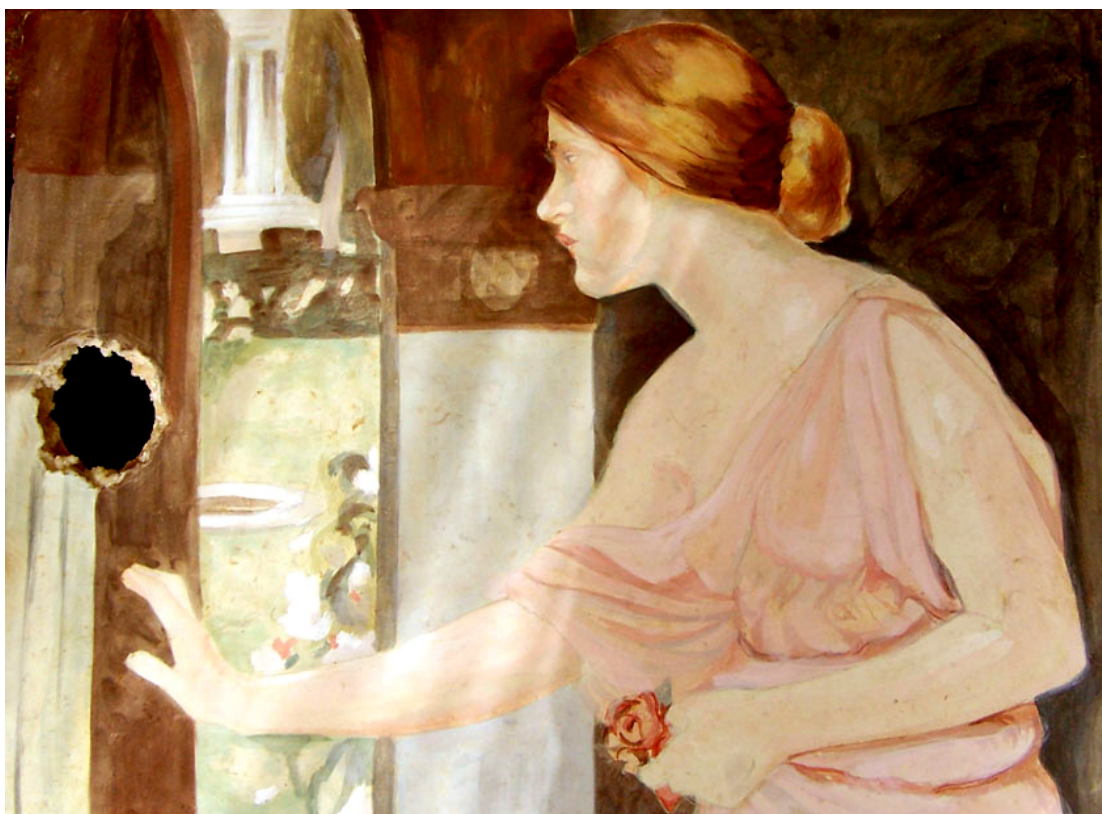


Fig. 47. Pieza inacabada. A. Sánchez Davía. Se observa el aspecto general mate y mineral de la pintura al silicato.

- Paleta de colores limitada a los pigmentos minerales compatibles con los álcalis del aglutinante al silicato.
- Paleta para mezclas líquidas. Es preciso utilizar una paleta con recipientes ya que las mezclas son muy fluidas y ha de ser de plástico para que no reaccione con la pintura y se pueda limpiar fácilmente.

- Facilidad de trabajo. La técnica que más se asemeja en su manipulación es la témpera (dilución, poder cubriente, y cambio de tono).
- Limpieza de los utensilios de pintura muy sencilla al utilizarse agua.



*Fig. 48. Detalle de la zona más acabada del retrato de la mujer, realizado mediante capas de veladuras al silicato y yuxtaposición de pinceladas para obtener el volumen de la figura.*

- Las mezclas han de prepararse en el momento, únicamente se pueden conservar tonos preparados de un día para otro si los guardamos en recipientes de plástico, cerrados herméticamente y con muy poco aire en su interior.
- La fijación de la pintura es muy buena, y su aspecto mineral final es imposible de conseguir con otras técnicas pictóricas.
- Presenta una superficie hidrófuga al agua, pero permite aplicar perfectamente capas sucesivas del silicato líquido con el que se está trabajando.



- No admite correcciones o eliminación de color una vez que se ha iniciado el proceso de silicificación con la piedra, y es difícil eliminarla una vez que ha secado la superficie.

Con esta técnica al silicato se consigue aplicar veladuras más o menos transparentes, así como capas cubrientes. También se logra un acabado mineral y mate propio de la técnica al silicato pero con una uniformidad de color muy buena. Ha de tenerse en cuenta que los productos en general, especialmente el diluyente Restauro Fixativ, no posee la resistencia a la intemperie de una pintura al silicato pura (ver 2.1.6 Resistencia a la intemperie).

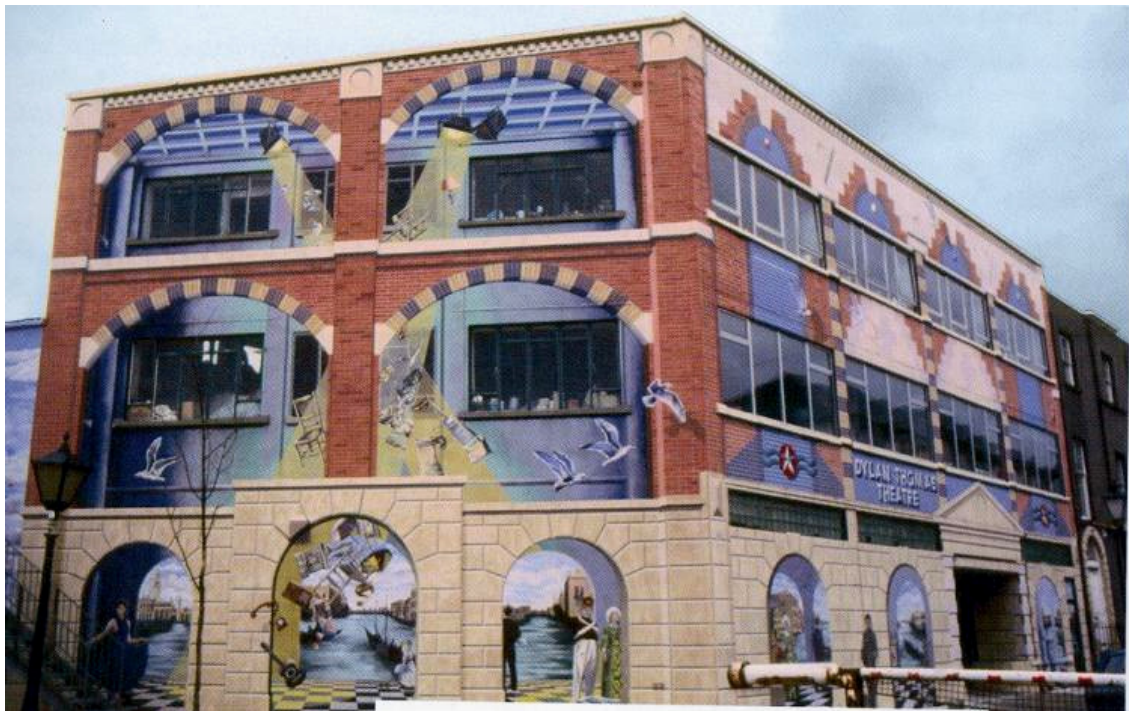


*Fig. 49. M. Angeles Sánchez Davía. Pieza final, aunque la policromía está aún inacabada el ensayo está concluido, ya que se ha logrado un trabajo con la técnica suficiente para lograr conclusiones, además de un acabado cromático y expresivo muy satisfactorio.*

Fig. 50. Derecha. Iglesia de San Felipe Neri, Málaga, España. Autor de la restauración y decoración: Peter Mayer. Sistema de veladura y recuperación de frescos mediante Restaurolasur (pintura al silicato concentrada) sobre revoco de cal. Realizada en el año 2002. Superficie 1500 m<sup>2</sup>. (Fecha imagen. 2004). Fotografía.<sup>128</sup>



Fig. 51. Abajo. Dylan Thomas Memorial Theatre, Swansea, Wales, Inglaterra. Autor: Andrews Nick. Sistema de veladuras Lasur (pintura al silicato concentrada) sobre revoco. (Fecha imagen. 2003). Fotografía.<sup>129</sup>



<sup>128</sup> KEIM FARBEN. "Reference Projects". Germany: Keimfarben.  
<http://www.keimkreativ.de/keimreferenz/html/objekte.html> [Consulta Julio 2008]

<sup>129</sup> KEIM FARBEN. "Reference Projects". Germany: Keimfarben.  
<http://www.keimkreativ.de/keimreferenz/html/objekte.html> [Consulta Julio 2008]



## 2.1.2 KEIM DEKORFARBEN- TÉCNICA B

### 2.1.2.1 Composición y procedimiento

#### ***Keim Dekorfarben, Técnica B.***

Técnica de máxima durabilidad y luminosidad, indicada para realizar murales decorativos en interiores y exteriores preparados con mortero. También se puede utilizar sobre soportes pétreos.

#### ***Composición***

El aglutinante o reactivo es silicato potásico líquido, comercializado por la empresa con el nombre de Fixativ (ver Anexo V, Ficha Técnica en V.1 Silicato potásico-Fixativ). Para preparar la pintura ha de mezclarse en proporción exacta con el pigmento en polvo específico (Dekorfarbpulver). Este producto es transparente con una ligera tonalidad amarillenta, además se aprecia que es un fluido ligeramente más viscoso que el agua. Los pigmentos incluyen partículas de cargas minerales reactivas para favorecer la reacción química de fijación.



Fig.52. Productos empleados en la preparación de las prácticas

#### ***Preparación de la pintura***

Según las indicaciones de la ficha técnica (Ver Anexo V, en V.1 Silicato potásico K. Dekorfarben-Técnica B) la pintura pastada ha de prepararse un día antes de su aplicación, para que las partículas de pigmento queden totalmente impregnadas del silicato potásico y lograr una mezcla homogénea.

Proporciones recomendadas: 5 Kg pigmento en polvo en 4 litros fijativo.



Teniendo en cuenta que las probetas que se están utilizando son muy pequeñas, y que la pintura preparada al estar en contacto con el aire se deteriora rápidamente (en dos o tres días), se prepara una mezcla proporcional a las cantidades indicadas, siendo: 5 gr. de pigmento (Dekorfarbpulver) en 4ml de fijativo (Fixativ). Después se remueve el pigmento con el fijativo para conseguir una pintura homogénea y se guarda en pequeños contenedores de plástico hasta el día siguiente. Para medir las cantidades se utilizó una báscula de precisión y para el líquido una jeringuilla graduada.

### ***Diluyente***

Keim-Fixativ (silicato potásico líquido). Este producto se utiliza como aglutinante en la preparación de la pintura pastada y diluido en agua como diluyente en las mezclas. También se utiliza diluido como fijativo, cuando existe una deficiencia evidente de aglutinante en la pintura aplicada y seca.

### ***Procedimiento (extracto de la Ficha Técnica. Anexo V)***

#### Fijación previa/imprimación

Para soportes muy absorbentes o arenosos el fabricante recomienda la aplicación de una capa de Fixativ diluido con agua en proporción 1:1. Aunque no es el caso de la dolomía se realizarán unas muestras con una capa de imprimación previa.

#### Veladura (ver Ensayo N° 7)

- Para aplicación en veladura, el fabricante recomienda mezclar la pintura pastada con el diluyente, en la proporción deseada.

Diluyente: Se prepara con Fixativ y agua destilada en proporción 1:1.

#### Capas cubrientes (ver Ensayo N° 8)

- 1ª capa: pintura pastada diluida con una proporción del 20% al 60% de Fixativ (según absorción del soporte)
- 2ª capa: pintura pastada sin diluir

#### Fijación posterior (Para fijar pinturas al silicato insuficientemente ligadas o gredosas.)

- Aplicación de Fixativ diluido en agua destilada en proporción 1:1.

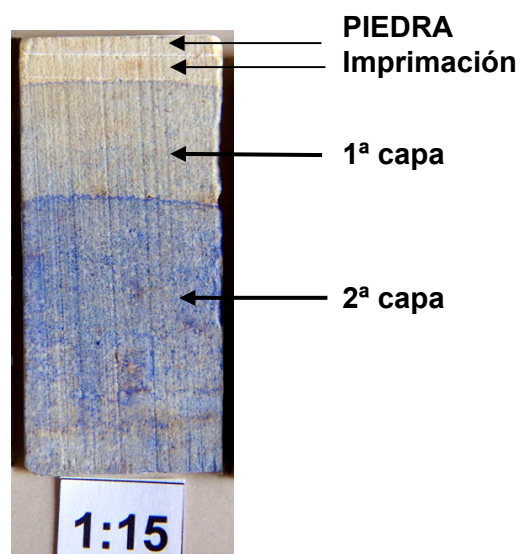
Para exteriores se recomienda la aplicación de dos capas en todas las zonas de color, y una sencilla prueba *“Después de acabado el mural comprobar resistencia a la fricción, en caso de que quede ligeramente gredoso aplicar una fijación posterior con una mezcla de Fixativ y agua en proporción 1:1. La mezcla de fijación que no haya quedado absorbida al cabo de 3 minutos ha de ser retirada con una esponja.”*<sup>130</sup>

- Secado mínimo entre capas de 12 horas.
- Recomendable aplicar las pinturas en capas finas.
- Producto que permite transpirar al soporte al quedar el poro abierto.

---

<sup>130</sup> Ver ficha técnica de Keim-Dekorfarben (Anexo V. V.1 Silicato potásico- Dekorfarben Técnica B)

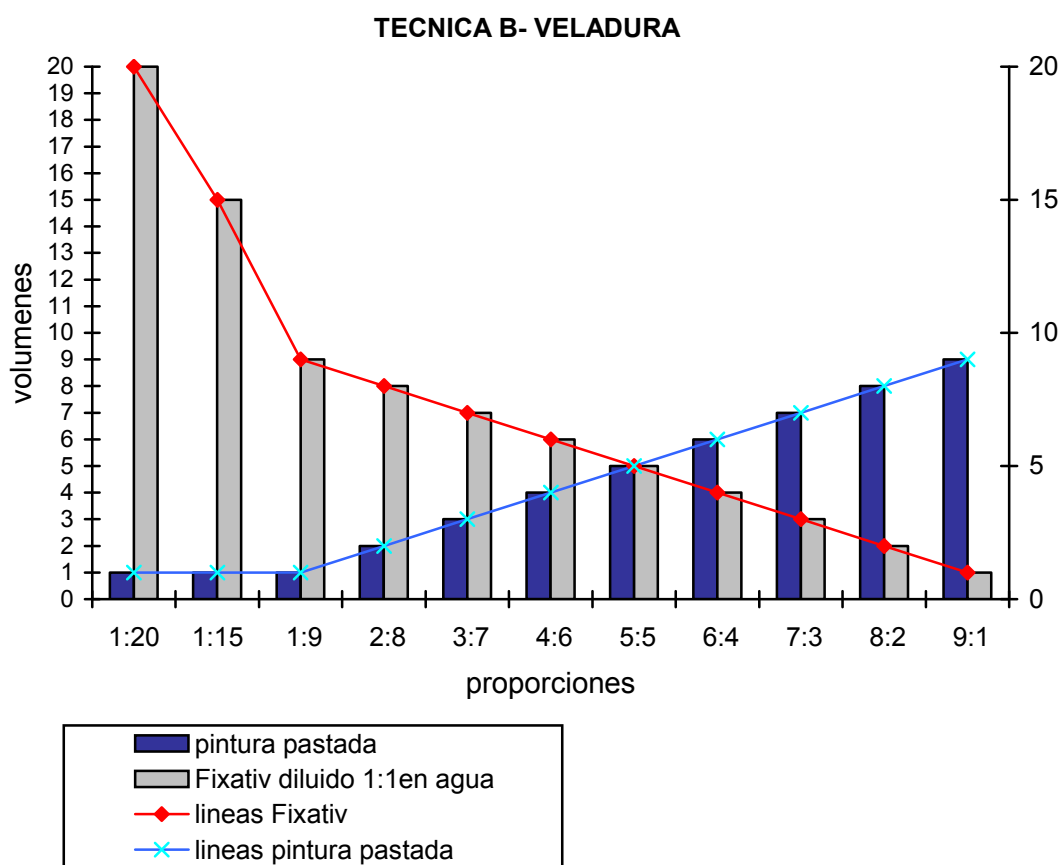
### 2.1.2.2 Veladuras de color, proceso y observaciones.



## VELADURAS

## Cuadro genérico de proporciones

Grafico 5. Dilución de las capas aplicadas.



## ENSAYO Nº 7

## VELADURAS

### DEKORFARBPULVER (PIGMENTO) + FIXATIV (DILUYENTE)

Soporte: Dolomía de Bernuy.

Pigmento: 540 - Azul Ultramarino oscuro (Keim Dekorfarbpulver).

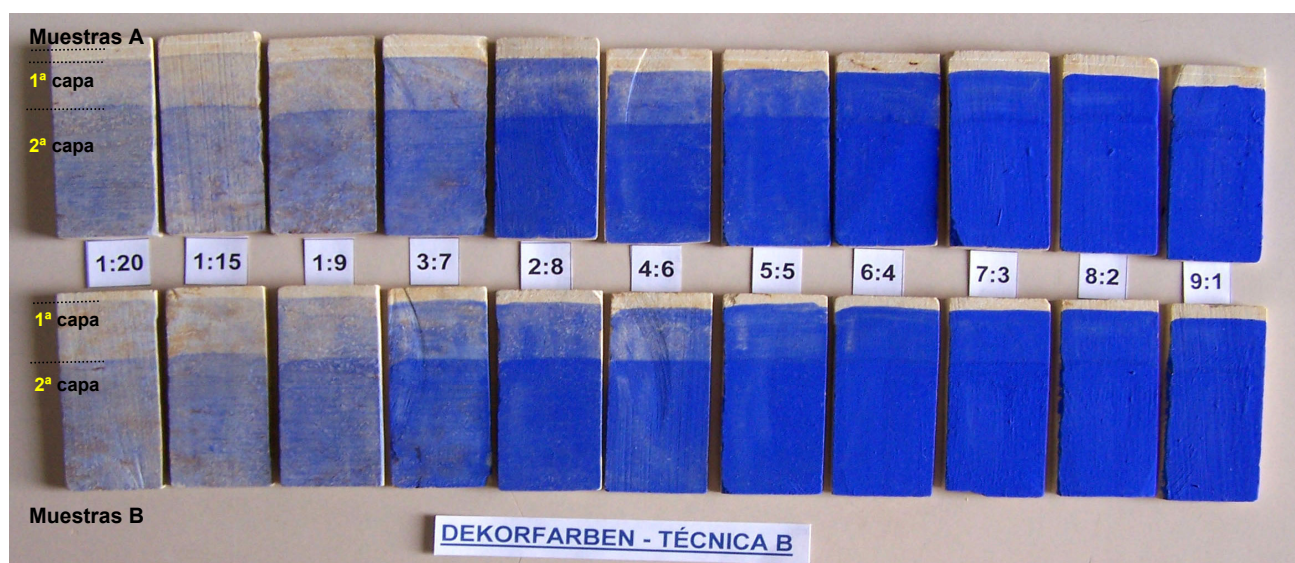
Tiempo de secado entre capas: 24 horas.

Pintura pastada (preparación el día anterior): 5 gr. pigmento + 4ml. Fijativo (Fixativ)

Diluyente: Fixativ diluido en agua destilada en proporción 1:1.

**Tabla 9 - Muestras A.** Proporciones utilizadas en las piezas de la parte superior de la fotografía (con imprimación).

| pedra                              | pedra         | pedra         | pedra         | pedra         | pedra         | pedra         | pedra         | pedra         | pedra         | pedra         | pedra         |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Imprimación<br>Fixativ/agua<br>1:1 | Fixat<br>agua | Fixat<br>agua | Fixat<br>agua | Fixat<br>agua | Fixat<br>agua | Fixat<br>agua | Fixat<br>agua | Fixat<br>agua | Fixat<br>agua | Fixat<br>agua | Fixat<br>agua |
| 1ªcapa                             | 1:20          | 1:15          | 1:9           | 2:8           | 3:7           | 4:6           | 5:5           | 6:4           | 7:3           | 8:2           | 9:1           |
| 2ªcapa                             | 1:20          | 1:15          | 1:9           | 2:8           | 3:7           | 4:6           | 5:5           | 6:4           | 7:3           | 8:2           | 9:1           |



**Fig. 54.** Técnica B. En la parte superior pruebas con capa de fijación previa Muestras A)-Tabla 9, en la parte inferior pruebas sin fijación previa Muestras B- Tabla 10.

**Tabla 10 - Muestras B.** Proporciones utilizadas en las piezas de la parte inferior de la fotografía (sin imprimación).

| pedra  | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra | pedra |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1ªcapa | 1:20  | 1:15  | 1:9   | 2:8   | 3:7   | 4:6   | 5:5   | 6:4   | 7:3   | 8:2   | 9:1   |
| 2ªcapa | 1:20  | 1:15  | 1:9   | 2:8   | 3:7   | 4:6   | 5:5   | 6:4   | 7:3   | 8:2   | 9:1   |

■ \* Proporciones con las que se obtienen veladuras.

**Datos sobre la aplicación de color en veladura a las muestras (Ensayo N° 7)****Tabla 11.** Ensayo N°7. Aplicación de las capas sobre las muestras.

| <u>Muestras A- Veladuras TECNICA B diluido con <b>Fixativ</b> (prueba CON imprimación)</u>  |           |       |      |
|---|-----------|-------|------|
| 1ª capa (fijativo)  | 16-8-2006 | 1:00h | 24°C |
| 2ª capa color   | 17-8-2006 | 1:00h | 21°C |
| 3ª capa color   | 18-8-2006 | 1:30h | 22°C |
| <u>Muestras B - Veladuras TECNICA B diluido con <b>Fixativ</b> (prueba SIN imprimación)</u> |           |       |      |
| 1ª capa color   | 17-8-2006 | 1:00h | 21°C |
| 2ª capa color   | 18-8-2006 | 1:30h | 22°C |

30-8-2006 en la parte derecha de todas estas probetas se ha aplicado una capa de fijado (Fixativ diluido en agua destilada 1:1), ya que se comprobó pérdida de color por frotamiento (ver 2.1.7 Informe técnico. Silicato y dolomía)

**OBSERVACIONES*****Aplicación***

Es preciso preparar los pigmentos un día antes, se necesitan una balanza de precisión y un recipiente graduado para medidas de líquidos (se utilizó una jeringuilla). Se empleó un pincel plano de pelo de cerda natural. La pintura pastada resulta algo densa y granulosa, los materiales de carga y partículas minerales reactivas que contiene el pigmento se hacen evidentes al aplicar el producto.

El pigmento queda depositado en los poros de la piedra, y en las zonas más porosas, lo que le confiere una apariencia peculiar e irregular, lo que produce una distribución heterogénea del color en las veladuras. Para una distribución uniforme de veladura ha de evitarse encharcar excesivamente la superficie. En capas cubrientes se aprecia al tacto la granulometría aportada por las cargas añadidas al pigmento en su fabricación, estas partículas al quedar incrustadas y fijadas en la superficie porosa mineral aportan una textura áspera.

***Imprimación***

Después de aplicar la fina capa de imprimación no se aprecian cambios cromáticos o visuales en superficie, ni se observan diferencias significativas en la aplicación de capas sucesivas de color.

### Primera capa de color

Se observó que a partir de la cuarta pieza comenzando por la izquierda (fig. 54), en la probeta correspondiente a la proporción 2:8, comienza a producirse el efecto cubriente de la capa de color dificultando la transparencia del tono crema del fondo de la piedra. Por lo tanto las proporciones adecuadas para veladura comprenderán valores entre 1:20 a 1:9 (pintura/diluyente).

### Segunda capa de color

La capa inferior de color favorece el agarre, absorción y distribución de la segunda capa de pintura y se reduce la facilidad de encharcamiento de la superficie.

Se observa un aumento significativo del poder cubriente al aplicar capas sucesivas. Únicamente se aprecia que se mantiene la transparencia al aplicar capas sucesivas en las tres piezas de la izquierda que corresponden a proporciones muy diluidas.

### 2.1.2.3 Capas cubrientes, proceso y observaciones.

#### **CAPAS CUBRIENTES**

#### **Cuadro genérico de proporciones**

#### **1ª CAPA: Pintura pastada diluída del 20% AL 60% con Fixativ puro**

DILUYENTE: Keim Fixativ sin diluir.

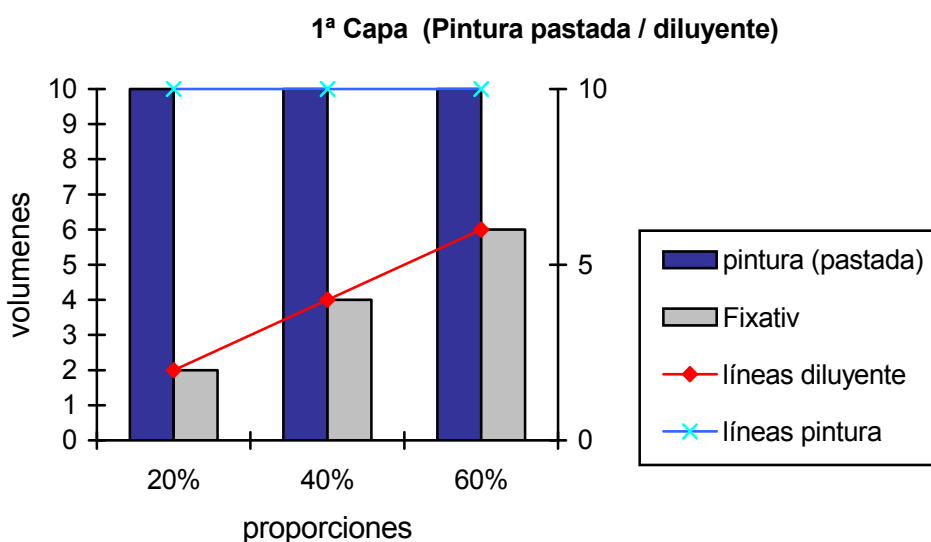


Grafico 6. Dilución de las aplicaciones de la primera capa

#### **2ª CAPA: Pintura pastada sin diluir**

**ENSAYO Nº 8****CUBRIENTE****Tabla 12.** *Proporciones utilizadas en las muestras*

|         |   |   |   |
|---------|---|---|---|
| 1ª capa | Proporción<br>10:2<br>Pintura/aglutinante | Proporción<br>10:4<br>Pintura/aglutinante | Proporción<br>10:6<br>Pintura/aglutinante |
| 2ª capa | Pintura sin diluir                        | Pintura sin diluir                        | Pintura sin diluir                        |

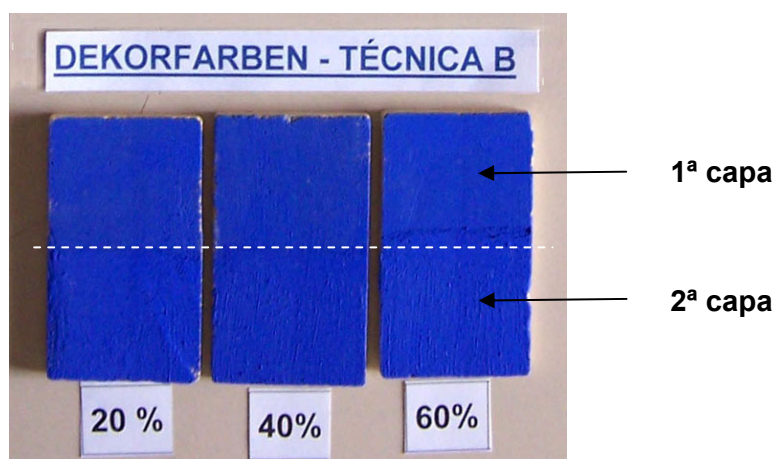


Fig. 55. Capas cubrientes sobre dolomía, Técnica B.  
En la parte superior diluida y abajo sin diluir.

**Datos sobre la aplicación de color a las muestras (Fig. 55)****Tabla 13.** *Aplicación de pintura al silicato sobre las muestras*

| <u>Cubriente TECNICA B (prueba CON imprimación)</u> |           |       |      |
|---|-----------|-------|------|
| 1ª capa, diluida fixativ puro                       | 17-8-2006 | 5:00h | 22°C |
| 2ª capa, sin diluir                                 | 18-8-2006 | 4:00h | 22°C |

**OBSERVACIONES*****Aplicación***

Necesidad de preparar los pigmentos un día antes con instrumentos de precisión (balanza y medidas de líquidos).

Es conveniente preparar las cantidades precisas a utilizar y se podrán reutilizar como mucho durante dos o tres días consecutivos. La pintura pastada se deteriora a los pocos



días por la acción del aire aunque los botes estén herméticamente cerrados. Los contenedores han de ser de plástico ya que el silicato reacciona con el metal y con el vidrio.

Los colores son muy intensos y vivos, el tono de la pintura una vez seca es invariable. En las capas cubrientes el acabado final es áspero y muy opaco. Los pigmentos son extremadamente volátiles dada la finura de sus partículas, por ello se han de manipular con mascarilla anti-polvo y en lugar espacioso o bien aireado por el peligro de inhalación.

### ***Primera capa de color***

La primera capa resulta completamente cubriente, aportando una superficie más rugosa al tacto que la de veladura.

En la pintura diluida al 20% (proporciones 10:2 pintura/diluyente), la pasta resulta bastante espesa y pastosa, lo que dificulta la distribución de la pintura. Por esto se estima que esta proporción es excesivamente densa.

Pintura diluida al 40% (proporción 10:4 pintura/diluyente). Presenta mejor aplicación pero aun tiene una consistencia densa.

Pintura diluida al 60% (proporción 10:6 pintura/diluyente). Al contener más diluyente presenta mayor fluidez y permite mejor aplicación y distribución sobre el soporte.

### ***Segunda capa de color***

Cubre la primera capa aplicada, que ya era totalmente opaca. Al no tener dilución (pintura pastada) es fácil crear una capa excesivamente gruesa lo que no conviene en la pintura al silicato. También se observa cierta dificultad para extender la pintura ya que la capa inferior, al estar seca, absorbe ávidamente el líquido del aglutinante contenido de la pintura.

### ***Consideración final***

Según los resultados, para capas cubrientes sería preciso aplicar una primera capa de pintura diluida en veladura, por ejemplo en una proporción media de 5:5 (pigmento/diluyente) y después una capa diluida al 50% o 60% con Fixativ puro.

### 2.1.2.4 Colores

De la carta de colores, se han seleccionado los siguientes para la realización de las pruebas sobre dolomía:

- 504** Caput mortuum
- 509** Amarillo óxido
- 511** Rojo inglés claro
- 513** Sombra natural
- 521** Negro
- 540** Azul ultramarino oscuro
- 541** Verde ultramar
- 546** Blanco zinc
- 557** Amarillo Nápoles oscuro



Fig. 56. Derecha. Carta de pigmentos K. Dekorfarben- Técnica B <sup>131</sup>.

(Abajo). Probetas realizadas con todos los colores sobre dolomía. Proporciones de dilución en la mitad superior de las probetas, de pintura pastada diluida al 20% y en la mitad inferior al 50% en Fixativ (silicato potásico- Keim, técnica B). Aplicación con pincel.



<sup>131</sup> KEIM Ecopaint Ibérica S.L. "Keim Farben Spektrum" [carta de colores], Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica S.L. 2006.

## ENSAYO Nº 9

## MUESTRAS DE REFERENCIA

Preparación de unas muestras de referencia de esta técnica (fig. 58).  
(Más información sobre proporciones y resistencia a la intemperie, en el apartado 2.1.6 Resistencia a la intemperie. Policromía sobre dolomía)

*Fig. 57. Aplicación de capa cubriente sobre dolomía.*

*Fig. 58. Abajo. Detalle. Preparación de la pintura pastada. Balanza de precisión y pequeños contenedores de plástico para la conservación de la pintura.*





### 2.1.2.5 Obras pintadas con Dekorfarben (Técnica B)



*Fig. 59. Casa de la Panadería, Plaza Mayor, Madrid (España). Carlos Franco. Pintura realizada en 1991. Productos: Revoco (imprimación Porosan), Fondo con Purkristalat (al silicato) y mural con Dekorfarben. Fondo de pintura realizado con Purkristalat, y murales con Dekorfarben. Superficie 800 m<sup>2</sup>. (Imagen tomada en 2003). Fotografía.<sup>132</sup>*

<sup>132</sup> KEIM FARBEN. "Reference Projects". Germany: Keimfarben.  
<http://www.keimkreativ.de/keimreferenz/html/objekte.html> [Consulta Julio 2008]

## 2.1.3 KEIM KÜNSTLERFARBEN - TÉCNICA A

### 2.1.3.1 Composición y procedimiento

#### **Keim Künstlerfarben, Técnica A.**

Técnica de pintura al silicato de dos componentes fabricada a partir de la fórmula original demostrada por A. W. Keim, producto indicado para realizar murales artísticos de máxima durabilidad y alta luminosidad.



Fig. 60. Maletín de productos para la técnica original al silicato potásico Keim Künstlerfarben. Fijativo Fixiermittel, tubos de pigmentos hidratados, esponja natural, brocha y plaqueta de madera con enlucido para pruebas. Plaqueta irregular de dolomía pintada con un paisaje.

#### **Composición**

En cuanto a su composición: “Keim Fixiermittel es el ligante correspondiente [...] y contiene exclusivamente silicato potásico, estabilizado con una pequeña cantidad de amoníaco. Las pinturas artísticas Keim Künstlerfarben son pastas de pigmentos pastados con agua destilada y cargas reactivas inorgánicas micronizadas, p. ej. mica, feldespato y cuarzo. Las pastas no contienen ligante, y su consistencia se adapta con agua destilada para conseguir

los efectos cubrientes o en veladura”<sup>133</sup>. Además en cuanto al fijativo de la pintura Max Doerner indica *“El fijador, que es algo espeso, consta de una solución acuosa de silicato de potasa y contiene estabilizantes que mejoran su capacidad de almacenamiento”*<sup>134</sup>

Los pigmentos son minerales y de alta pureza, estabilidad a la luz y máxima concentración, resistentes a la elevada alcalinidad del silicato potásico *“Los colores contienen adiciones que se transforman químicamente por el fijado. El fijado con una solución amoniacal de vidrio soluble es importantísimo para la estabilidad de la pintura.”*<sup>135</sup>. Fundamentalmente lo que indican estos datos es que no es apropiado utilizar cualquier pigmento o silicato potásico para su utilización en un trabajo artístico de calidad, ya que el éxito de la técnica depende de la buena reacción química del producto.

Los pigmentos se comercializan hidratados, con lo que se minimiza su toxicidad por inhalación del polvo al manipularlos, ya que al estar finamente molidos serían altamente volátiles en estado seco. Su presentación en tubos de plástico flexible facilita la aplicación de los colores y la extracción de la cantidad precisa.

### **Diluyente .**

Los pigmentos se diluyen en agua destilada.

### **Procedimiento (extracto de la ficha técnica. Anexo V)**

Esta técnica se recomienda fundamentalmente sobre revoco (Keim Malgrundmasse, compuesto por cal, cemento y mármol de carrara)<sup>136</sup>. *“Los soportes pueden ser: revoque de cal de arena viva, revoque de cemento alargado, placas de cemento de asbesto, piedras naturales con cuarzo.”*<sup>137</sup>, por lo que es esencial comprobar si esta técnica es adecuada para su empleo directo sobre dolomía.

A diferencia de los procedimientos al silicato indicados hasta ahora, los pigmentos se aplican directamente diluidos en agua destilada sobre el soporte húmedo. Al no contener aglutinante los pigmentos quedan únicamente adheridos a la superficie, por lo que es posible corregir errores empleando un pincel o esponja húmeda. No es posible insistir o aplicar colores superpuestos sin peligro de remover las capas inferiores, lo cual se evita mediante fijados

---

<sup>133</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Peter Mayer, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007

<sup>134</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p. 246.

<sup>135</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p. 245.

<sup>136</sup> KEIM Ecopaint Ibérica S.L. “Fichas técnicas”. Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica, 2007. <http://www.keim.es> [consulta: Octubre 2008]

<sup>137</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p. 245.



parciales y aplicación de tonos sucesivamente. Una vez acabada la pintura los colores se fijan por medio de pulverizaciones cíclicas, utilizando el fijador de silicato potásico (K. Fixiermittel) diluido en agua destilada en proporción 1:2 o 1:3 (Fijador/agua).

#### Preparación previa del soporte

Se ha de humedecer el soporte a saturación pulverizando agua destilada hasta que éste no absorba más, y conservar la humedad en él a medida que se trabaja mediante pulverización de la superficie.

#### Método de trabajo

Los pigmentos han de diluirse previamente en agua destilada. Esta técnica permite su aplicación tanto en veladuras como en capas cubrientes, no recomendándose aplicar el pigmento de forma pastosa. Para corregir o eliminar la pintura es recomendado humedecer la zona y eliminar el pigmento con una esponja húmeda.

Las indicaciones inciden sobre la facilidad de trabajo y de interrupción del mismo, ya que para su reinicio sólo habría que humedecer de nuevo el soporte.

#### Fijación

El soporte ha de estar seco para fijar los pigmentos. La ficha técnica indica que las dos primeras fijaciones han de ser pulverizadas en capas muy finas; el resto aplicando más cantidad, pudiendo llegar en total hasta aproximadamente 7 u 8 fijaciones, dependiendo de la absorción del soporte, *“Todos los colores deben quedar trabados de modo que no se puedan correr ni borrar. El fijado se repite las veces necesarias para obtener en todas las partes la trabazón deseada. Una aplicación excesiva de fijador produce un velo sobre la pintura.”*<sup>138</sup>

Un exceso de fijativo producirá vitrificaciones sobre la capa pictórica, por lo el exceso de fijador que no haya sido absorbido en 3 minutos por el soporte ha de ser retirado con una esponja.

La comprobación del fijado se hace frotando con un paño blanco. Se puede decir que el completo fijado de la superficie se ha realizado cuando el paño no se mancha.

- Secado mínimo de 12 horas entre sucesivos fijados.
- Recomendable aplicar los pigmentos en capas finas.
- Se recomienda un mantenimiento cada 10 o 20 años (limpieza) y una fijación de refuerzo.

---

<sup>138</sup> DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p.245

## ENSAYO Nº 10

## VELADURAS

*Fig. 61. Puesta de sol. M. Angeles Sánchez Davía. Plaqueta de dolomía pintada, dimensiones 15 x 12 x 1,5cm.*

*Pintada mediante la Técnica A de Keim. Colores fijados pulverizando 6 fijaciones de Fixiermittel diluido en agua destilada, proporciones 1:2.*

En esta plaqueta irregular de dolomía se puede observar la luminosidad de la técnica (fig. 61) y el aspecto mineral de los tonos de la superficie pintada.

La piedra se ha humedecido y se ha trabajado aplicando pinceladas de diferentes colores. A las seis horas se fija la pintura mediante una pulverización en una proporción de 1:3 (fijativo/agua). Al día siguiente se continúa la policromía y se vuelve a fijar. Después se aplican otras cinco fijaciones más en proporción 1:2, quedando los colores fijados a la piedra.



## OBSERVACIONES

Aunque el soporte contenga cierta humedad, ya que ha sido humedecido previamente, la superficie y colores aplicados secan progresivamente a medida que se trabaja con ellos; pero llega un momento en el que no es posible seguir aplicando color sin remover las capas inferiores, por lo que es necesario dejar que se seque y proceder a su fijado para proseguir pintando al día siguiente. En las primeras fijaciones se puede emplear una proporción de fijativo más diluída como es 1:3.

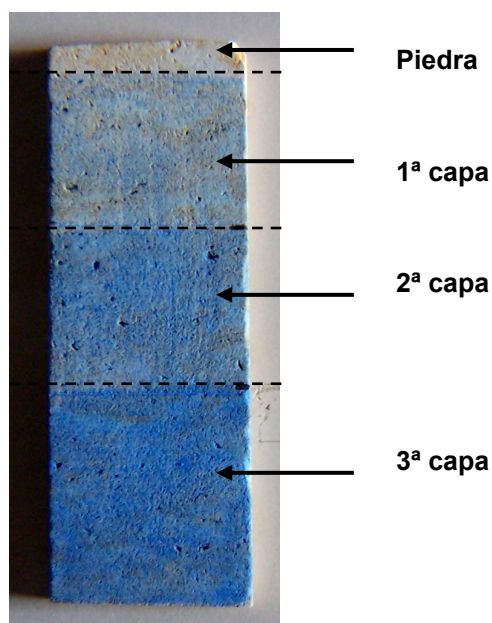
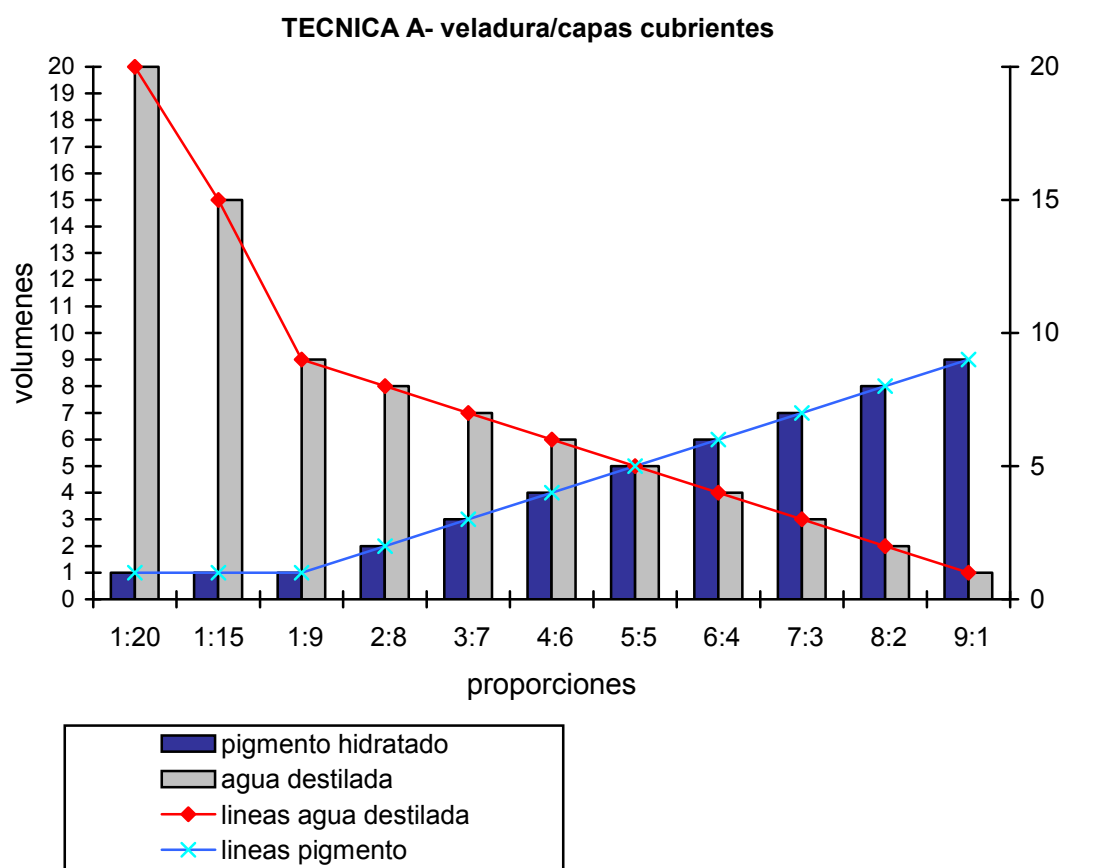
Dificultad para conseguir los tonos adecuados, debido a importantes cambios de refracción y de transparencia de los pigmentos (diferencia de tono al pasar del estado húmedo al seco), aunque en este ensayo (fig. 61), el tema pictórico elegido admite estas diferencias ya que no se han aplicado colores uniformes.

### 2.1.3.2 Veladuras de color y capas cubrientes

#### **VELADURAS-CAPAS CUBRIENTES**

#### **Cuadro genérico de proporciones**

**Gráfico 7.** Proporciones utilizadas en las muestras



*Fig. 62. Detalle de una probeta, distribución de las capas de veladura en la Técnica A (probeta de proporción 1:20)*

## ENSAYO Nº 11 VELADURAS / CAPAS CUBRIENTES

### DEKORFARBPULVER (PIGMENTO) + FIXIERMITTEL (DILUYENTE)

Soporte: Dolomía de Bernuy.

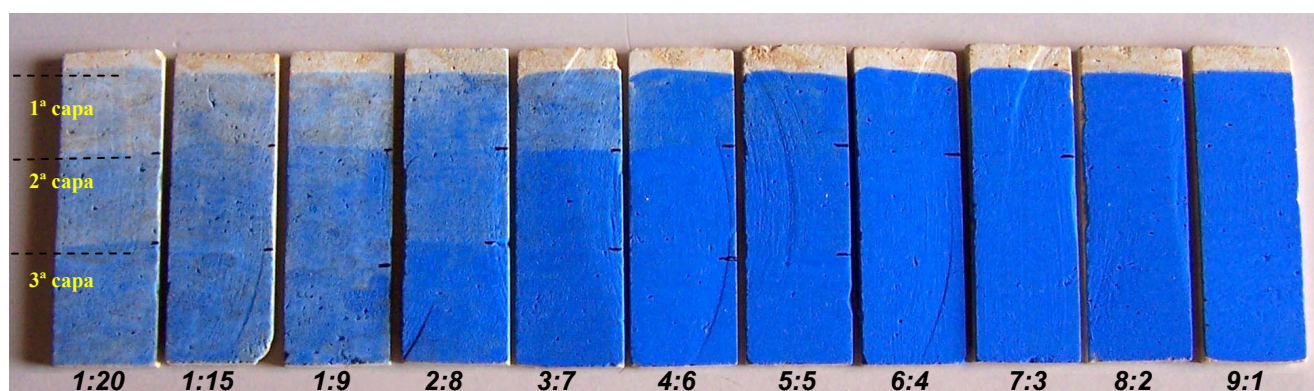
Pigmento: 932 -Azul Ultramar Claro. Hidratado.

Tiempo de secado entre capas: 24 horas.

Diluyente de los pigmentos: agua destilada

| piedra  | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra | piedra |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1ª capa | 1:20   | 1:15   | 1:9    | 2:8    | 3:7    | 4:6    | 5:5    | 6:4    | 7:3    | 8:2    | 9:1    |
| 2ª capa | 1:20   | 1:15   | 1:9    | 2:8    | 3:7    | 4:6    | 5:5    | 6:4    | 7:3    | 8:2    | 9:1    |
| 3ª capa | 1:20   | 1:15   | 1:9    | 2:8    | 3:7    | 4:6    | 5:5    | 6:4    | 7:3    | 8:2    | 9:1    |

**Tabla 14.** Proporciones utilizadas en las piezas, sin imprimación previa.



**Fig. 63.** Técnica A. En la parte inferior se indican las proporciones pigmento /agua destilada.

### Datos sobre la aplicación de color a las muestras de Künstlerfarben (Técnica A)

**Tabla 15.** Ensayo 11. Aplicación sobre las muestras.

| Datos capas          | Fecha     | hora    | temperatura | proporciones                 |
|----------------------|-----------|---------|-------------|------------------------------|
| Fijación/imprimación | 7-3-2007  | 9 h     |             | 3:1 Fixiermittel/agua dest.  |
| Aplicación color     | 7-3-2007  | 12 h    |             | 3:1 (color/ agua dest)       |
| 1ª fijación          | 7-3-2007  | 22 h    | 21 °C       | 2:1 Fixiermittel/(agua dest) |
| 2ª fijación          | 8-3-2007  | 19 h    | 16 °C       | “                            |
| 3ª fijación          | 8-3-2007  | 23 h    | 18 °C       | “                            |
| 4ª fijación          | 9-3-2007  | 18,30 h | 20 °C       | “                            |
| 5ª fijación          | 11-3-2007 | 18,30 h | 22 °C       | “                            |

## **OBSERVACIONES**

En esta técnica se aplica el pigmento hidratado diluido en agua, por lo que se ha realizado una sola prueba que engloba proporciones de pigmento/agua destilada que van desde veladuras (pigmento muy diluido 1:20) a capas cubrientes (proporción 9:1)

### ***Imprimación***

Para aplicar esta técnica sobre dolomía no es necesario utilizar una fijación previa del soporte, pero para igualar diferencias de absorción del soporte se puede aplicar una capa previa de fijativo pulverizada, diluida 1:3 (fijativo/agua destilada).

Se ha utilizado un pulverizador metálico en pulverización mediante soplado.

### ***Primera capa de color***

Las piezas que presentan veladuras son las que tienen proporciones de pigmento comprendidas entre 1:20 a 1:9 (pigmento/agua destilada), en proporciones menos diluidas el soporte comienza a quedar cubierto ya en la primera capa.

A partir de la muestra central 4:6, la primera capa ya es totalmente cubriente, por lo que ésta y otras proporciones menos diluidas no son aconsejables, además su consistencia es pastosa lo que crea una capa excesivamente gruesa, factor a evitar en esta técnica al dificultar su fijación.

### ***Segunda capa de color***

En veladuras se observa que la diferencia de tono es notable al aplicar la segunda capa de color, para conservar la transparencia de la veladura es preciso utilizar diluciones muy altas.

Para lograr una capa cubriente es preferible superponer varias capas finas de pigmento con una dilución media, por ejemplo se utilizaría alguna de las proporciones intermedias entre 2:8 y 5:5, ya que facilitan la aplicación fluida del pigmento y un correcto fijado.

### 2.1.3.3 Colores

Selección de colores para la realización de las pruebas sobre dolomía:

- 911** Verde óxido de cromo oscuro.
- 915** Rojo inglés claro
- 916** Rojo inglés oscuro
- 925** Amarillo Nápoles claro
- 927** Amarillo óxido
- 928** Negro
- 932** Azul ultramar claro
- 937** Sombra natural
- 939** Blanco de cinc

#### KEIM Künstlerfarben (Técnica A)

Pintura pura de silicato para murales artísticos en interior y exterior, con pigmentos de máxima pureza y resistencia, pastados en agua destilada



Fig. 64. Carta completa de colores K. Künstlerfarben.<sup>139</sup>

<sup>139</sup> KEIM Ecopaint Ibérica S.L. "Keim Farben Spektrum" [carta de colores], Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica S.L. 2006.



## ENSAYO Nº 12

## MUESTRAS DE REFERENCIA

Muestras de dolomía preparadas como referencia de esta técnica (Información sobre proporciones en capítulo 2.1.6 Resistencia a la intemperie. Policromía sobre dolomía).



Fig. 65. Aplicación de pintura al silicato K. Künstlerfarben (Técnica A) en capa cubriente sobre dolomía.

## 2.1.4 COMPARACIÓN DE LAS TRES TÉCNICAS INVESTIGADAS

### R. LASUR

1. Colores con tonos más suaves que con las otras técnicas al silicato experimentadas.  
También se produce el agrisado de los colores aplicados, en el transcurso de 2 semanas adquieren una apariencia más mortecina.
2. Se extienden fácilmente y distribución homogénea.
3. Encharcados frecuentes, ya que las capas de colores inferiores son menos absorbentes.
4. Hidrofugada.
5. Más resistente si es diluida con Spezial Fixativ.
6. Preparación y uso muy sencillo, la pintura está lista para su uso.
7. Buena conservación de la pintura en los botes si se cierran correctamente.
8. Secado rápido de los colores en la paleta (se humedecen con el diluyente, con lo cual los tonos quedan más diluidos). Cuando un color se seca no es recuperable.

### TÉCNICA B (Dekorfarben)

1. Tonos más vivos que con R. Lasur
2. No sufren cambios visuales transcurridas unas semanas (excepto el natural del estado húmedo a seco)
3. No se extienden fácilmente si no están diluidos.
4. No se suele encharcar la superficie, excepto si se aplica muy diluido y en exceso, ya que las capas inferiores son absorbentes.
5. Transpirable no hidrofugada (absorbe el agua aunque después de unos meses lo hace con más dificultad)
6. Resistente si está bien fijada.
7. Preparación de la pintura compleja por utilizar medidas exactas (pintura bicomponente), aunque su utilización es sencilla.
8. Deterioro rápido de la pintura pastada por acción del CO<sup>2</sup>, aún en botes bien cerrados.
9. Secado rápido de los colores en la paleta (se han de humedecer con el diluyente), los tonos secos no son recuperables.

### TÉCNICA A (Künstlerfarben)

1. Tonos muy vivos y luminosos, más incluso que en la Técnica B y pigmentos muy finos.
2. No sufren cambios visuales una vez secos, excepto de húmedo a seco.
3. Si están diluidos se extienden fácilmente.
4. No se encharca la superficie, sólo si están muy diluidos.
5. Transpirable y no hidrofugada, muy absorbente.
6. Muy resistente si está bien fijada.

7. Fácil preparación y utilización. Fijados parciales
8. No se deterioran los pigmentos en los tubos, si se secan se vuelven a hidratar con agua.
9. Secado rápido de los colores en la paleta, los tonos secos son recuperables humedeciéndolos de nuevo con agua destilada.



Fig.66. Las tres técnicas investigadas y los colores utilizados.

## OBSERVACIONES GENERALES SOBRE LA TÉCNICA AL SILICATO.

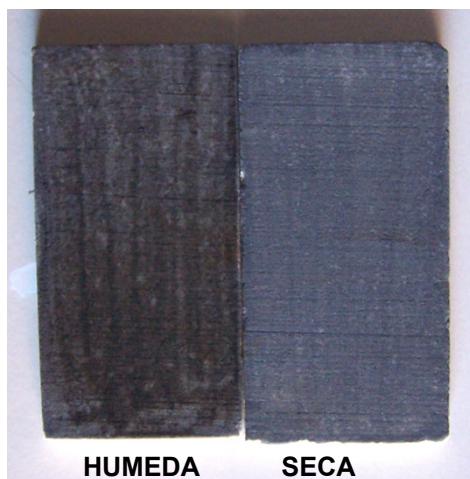
- Dificultad para realizar degradados de color. Los tonos según se aplican secan rápidamente con lo que el degradado ha de realizarse por yuxtaposición de pinceladas de distinto tono.
- Irreversibilidad de la pintura. Una vez aplicada no es posible eliminar la pintura. Sólo ocasionalmente y cuando la reacción química no se ha producido puede eliminarse parte de color humedecido en agua y utilizando un trapo limpio. En la Técnica A se puede eliminar el pigmento previamente a su fijación, aunque dada la finura de las partículas la superficie no queda completamente limpia.
- Eliminación de la pintura. Para eliminar la pintura una vez fijada tendríamos que recurrir a métodos mecánicos abrasivos (papel de lija apropiado). Otra opción sería su eliminación mediante ácido Fluorhídrico, lo cual se descarta dada su alta peligrosidad y corrosividad.
- Secado rápido de los colores. Los colores en la paleta secan muy rápido por lo que hay que aportar diluyente a la mezcla para mantenerla fluida. Después de tres horas de trabajo los colores han de reemplazarse ya que comienza a producirse la reacción de silicatización de la

pintura por efecto del  $\text{CO}_2$  del aire. Excepto en la Técnica A, que los colores pueden mantenerse en la paleta indefinidamente hidratándolos con agua destilada cuando sea necesario.

También los colores sobre la superficie aplicada secan muy rápido por lo que se han de aplicar rápidamente y por zonas para realizar degradados.

- Cambio del índice de refracción. La aplicación de los colores se realiza con diluyentes acuosos. A los escasos minutos de la aplicación de un tono (con el secado de la pintura), cambia drásticamente su apariencia (al producirse el cambio del índice de refracción de las

partículas que envuelven al pigmento), por lo que los tonos se aclaran y la transparencia disminuye (Fig. 67).



*Fig. 67. Probetas con R. Lasur en capas cubrientes (2ª capa de color). Se observa el importante cambio de tono producido con el secado de la pintura.*

*Este cambio significativo se produce al aplicar cualquier color, desde las tierras (opacos) a los poco cubrientes como el blanco de cinc y el amarillo de Nápoles (transparentes)*

- Paleta de plástico con brillo. Facilita la limpieza de la pintura, ya que de otra forma el silicato se adhiere a superficies como el metal o cristal por inicio de la reacción química de fijación.
- Contenedores de plástico. Han de tener cierre hermético para el almacenaje de la pintura y fijativos, de lo contrario se produce un rápido deterioro y secado del producto.
- Pinceles. Los mejores para esta técnica son los de pelo natural por ejemplo de oreja de buey, siendo más resistentes los de cerda, pudiendo ser cuadrados, de lengua de gato, en forma de semilla o redondos, según el detalle a pintar. Con el uso sufrirán deterioro por frotamiento con el soporte según la rugosidad del mismo y por las cargas minerales de la pintura. También han de limpiarse muy bien con agua, ya que de lo contrario sufren un rápido deterioro por la acción del silicato alcalino sobre el pelo natural y el metal de la virola.
- Tonos aterciopelados, muy luminosos y mates, propios de la técnica al silicato.
- Ante excesos de fijación. Ha de eliminarse inmediatamente el exceso de fijativo o aglutinante al silicato, ya que forma velos de producto vitrificado sobre la superficie pictórica. Esto suele ocurrir por una aplicación excesiva de silicato (encharcamientos) o porque la superficie está saturada de producto en capas inferiores. Se identifica claramente porque transcurridos tres minutos después de aplicar el producto aún queda sin absorber en la superficie, y es importante retirar el sobrante mediante una esponja o trapo limpio.



## 2.1.5 IMPRIMACION AL SILICATO POTÁSICO

### 2.1.5.1 Superposición de capas.

#### **ENSAYO Nº I3**

#### **SUPERPOSICIÓN**

El principal objetivo de este ensayo es constatar sobre la superficie de dolomía si es preciso utilizar una capa de imprimación previa a la pintura al silicato, y los efectos producidos por la superposición de un cierto número de capas de silicato.

*Descripción:* El ensayo consiste en aplicar capas sucesivas de cada uno de los productos al silicato investigados hasta ahora, principalmente para observar los cambios superficiales más significativos.

Se realizará un total de 10 superposiciones de fijativo, desde una primera división nº 0 que corresponderá a la piedra sin tratamiento a la superposición nº 10 que corresponde a diez capas sucesivas (fig. 68). Aplicación con pincel, con la probeta situada en un plano horizontal y respetando un tiempo de secado entre capas de 24 horas.

#### **Productos**

- 1 RESTAURO-FIXATIV (Técnica R. Lasur):** Aplicación del 15-8 al 2-9-2006. Producto sin diluir.
- 2 SPEZIAL - FIXATIV (Técnica R. Lasur):** Aplicación del 16-8 al 2-9-2006. Producto sin diluir.
- 3 FIXATIV (Técnica B):** Aplicación del 16-8 al 2-9-2006. Diluido en agua destilada 1:1.
- 4 FIXIERMITTEL (Técnica A):** Aplicación del 18-2 al 29-2-2007. Diluido en agua destilada 1:2 (silicato/agua dest.)

#### **OBSERVACIONES**

En cada una de las probetas, a medida que se aplican capas sucesivas de fijativo, se observa que la superficie absorbe menos producto, también se observa que el pincel se desliza con mayor facilidad debido a la acumulación de silicato en las capas inferiores.

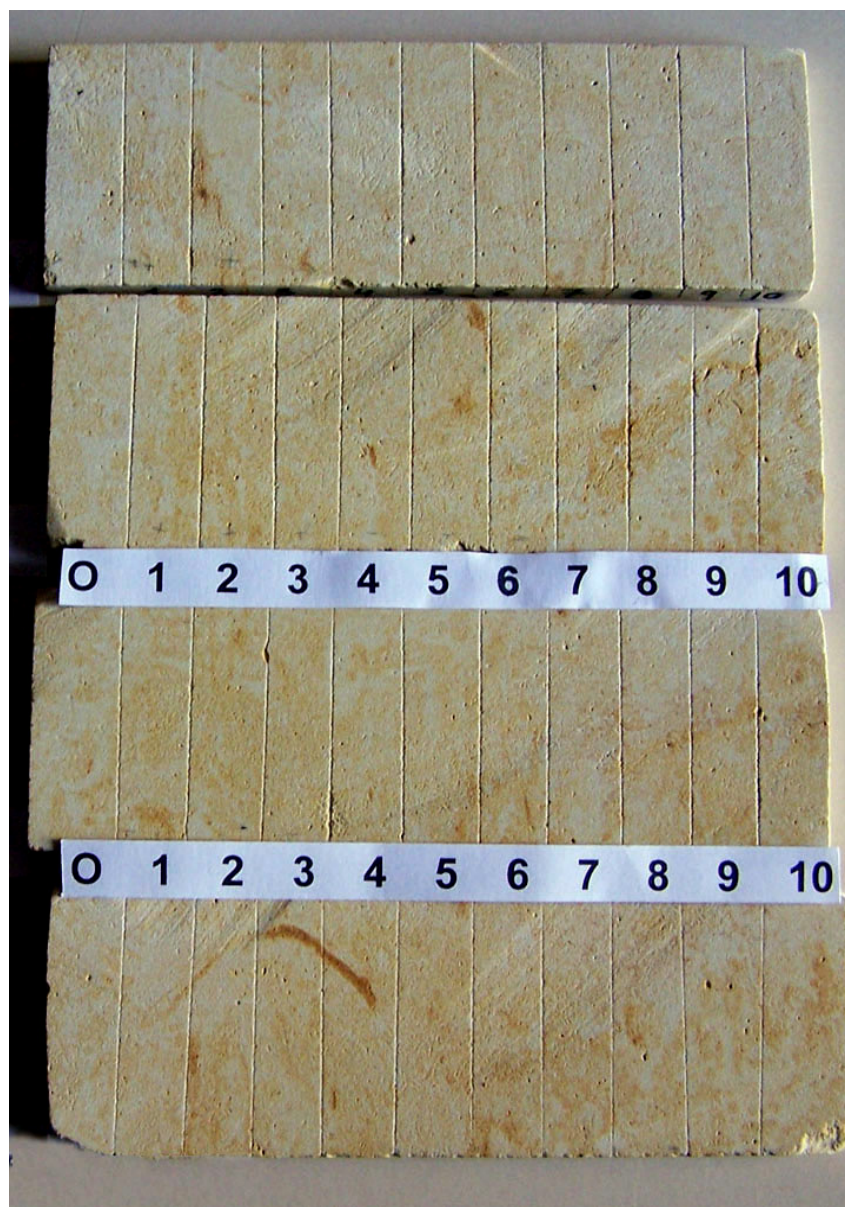
En general se observa que esta piedra presenta una superficie de absorción no homogénea con distintos tipos de porosidad. En las primeras superposiciones el fijativo desaparece a los pocos segundos en las zonas de mayor porosidad.

**RESTAURO  
FIXATIV**  
(R. Lasur)

**SPEZIAL  
FIXATIV**  
(R. Lasur)

**FIXATIV**  
(Técnica B)  
(Diluido 1:1)

**FIXIERMITTEL**  
(Técnica A)  
(Diluido 1:2)



*Fig.68. Probetas de capas de superposición de fijativos*

Después de este ensayo indicar que, aunque la capa de imprimación uniforma la absorción del soporte, no es necesario aplicar una capa previa de imprimación transparente. Lo más recomendable es que la primera capa de color se aplique en veladura empleando el producto sin pigmentación únicamente en aquellas zonas que no vayan a recibir color.

### **Aspecto satinado**

A partir de la cuarta o quinta capa superpuesta la superficie comienza a adquirir progresivamente un brillo semi-satinado (fig. 69), excepto en el fijativo de la Técnica A (Fixiermittel), que el brillo se produce únicamente a partir de la séptima u octava capa superpuesta. Aun con un exceso de producto en ninguna de las probetas aparece una superficie brillante.



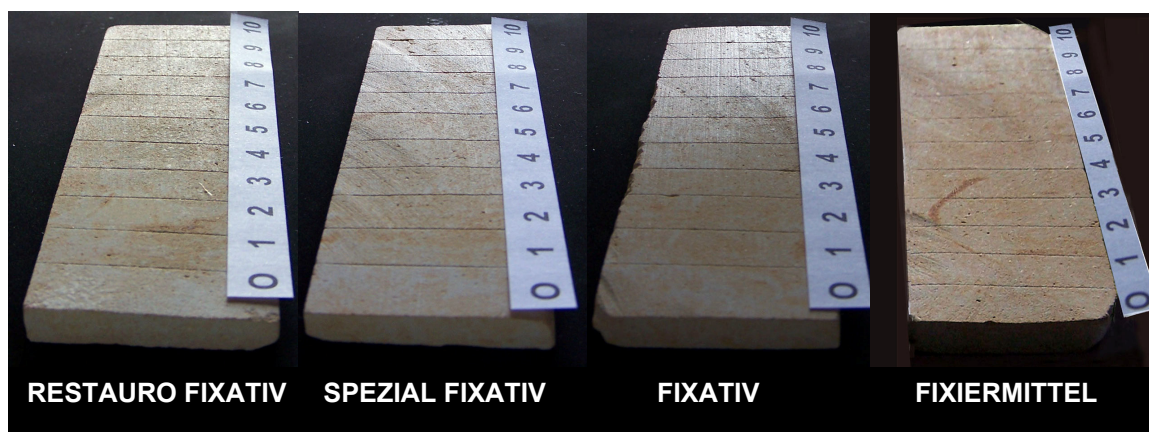


Fig 69. Se observa el leve reflejo satinado en las últimas capas aplicadas a las probetas.

Al trabajar una policromía sobre dolomía es importante controlar el número de superposiciones de silicato, ya que un número excesivo de capas o un exceso de producto causa la formación de brillo satinado. La policromía al silicato sobre escultura en dolomía ha de lograrse con el menor número de superposiciones y veladuras posible, un número de capas eficiente se encontraría entre dos y cinco superposiciones de producto.

### ***Cambio de tono de la dolomía***

En las muestras se observa un ligero cambio de tono de la dolomía, visible ya en la primera aplicación de producto, es decir, a causa de la primera aplicación se produce un leve y poco relevante oscurecimiento del tono natural de la piedra. En el resto de capas sucesivas no se aprecia ningún cambio de tono en la piedra.

En general se puede decir que no se produce un cambio de tono significativo en ninguna de las probetas (fig. 70), sólo se marca ligeramente algo más el moteado natural de la piedra.

En la probeta realizada con Restauro Fixativ, se observa que en las últimas capas se produce un velo blanquecino al evaporarse unas gotas de agua destilada depositadas sobre su superficie (fig. 71). El tono general de esta probeta comparada con las demás es ligeramente más blanquecino.

En resumen, no es necesaria la utilización de una capa previa de imprimación, ya que añadimos un producto que no es necesario, y no se experimentan cambios significativos sobre la técnica.

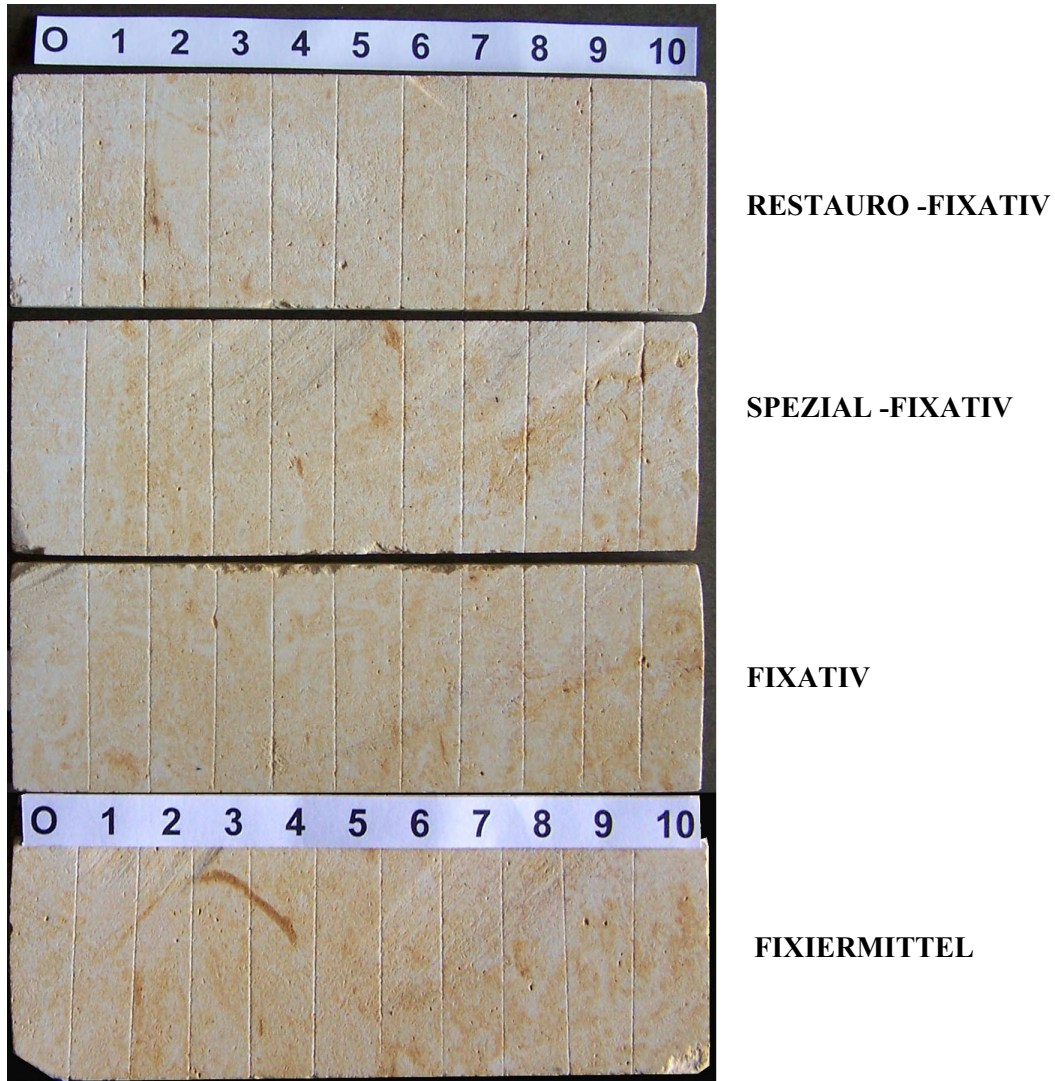


Fig. 70. Probetas superposiciones sucesivas de fijativo. De cero capas (piedra natural) a diez capas de fijativo.



Fig.71. Detalle de la probeta realizada con R. Fixativ donde se aprecian cercos blanquecinos causados por la aplicación de gotas de agua destilada.



## 2.1.5.2 Absorción de micro-gotas

### ENSAYO Nº 14

### ABSORCIÓN

Descripción: Constatar el grado de hidrofugación y/o absorción de la superficie de piedra dolomía tratada con sucesivas capas de producto.

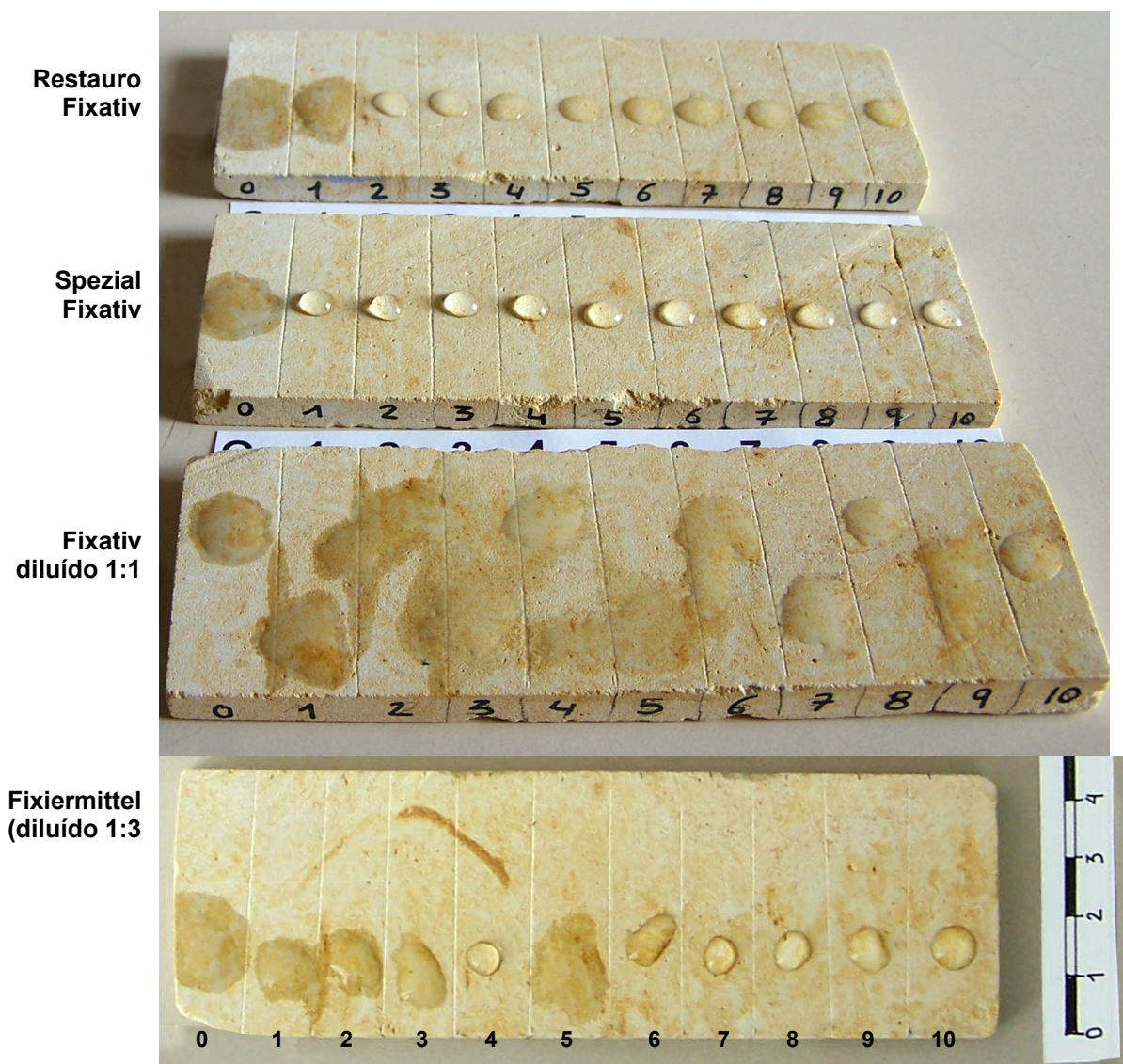


Fig.72. Fotografías tomadas nada más aplicar micro gotas de agua destilada en las diferentes zonas tratadas de las probetas, separadas por una ligera línea. Se observa de visu la expansión de la gota en cada una de las divisiones, éstas corresponden a las respectivas superposiciones de producto (de 0 a la izquierda y 10 a la derecha).

El ensayo consiste en depositar una pequeña gota de agua (con una cantidad limitada mediante una pipeta de ensayo). Se ha controlado fundamentalmente el tiempo que

ha tardado la gota de agua en ser absorbida por la superficie sobre la que se ha aplicado, esto indica en cierta medida el grado de absorción de la superficie.

*“La determinación de la velocidad de absorción de las micro-gotas de agua puede permitir la determinación de la profundidad de penetración de un producto de impregnación de la piedra [...] Este ensayo se basa en el principio según el cual, en general la velocidad de absorción de agua por capilaridad es más débil en la superficie impregnada que en la misma piedra no tratada, a consecuencia de una acción hidrófuga del producto de impregnación, o simplemente del llenado de los poros por impregnación.”<sup>140</sup>*

Las probetas, habían sido previamente tratadas con distintas capas de los respectivos fijativos indicados, hasta llegar a diez superposiciones. El ensayo se realiza una semana después de la aplicación de la última capa de fijativo, con una temperatura ambiente interior de 26°C.

El tiempo que ha tardado en desaparecer por evaporación una gota de agua sobre una superficie de PVC impermeable ha sido de : **90 min.** Con una temperatura ambiente de 25 ° C (dato tomado el mismo día del ensayo)

Los resultados del ensayo se indican detallados a continuación.

---

<sup>140</sup> APARICI, Susana; Juan Carlos ALVAREZ. “Anuario de materiales de construcción 1984: El deterioro de la roca natural como material de construcción y la acción del agua.” Tutor: Carlos Olmos. Cátedra de Construcción I. ETSAM. Dpto. de publicaciones de arquitectura E.T.S.A.M, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 1984. pp. 48-49.

## RESTAURO FIXATIV

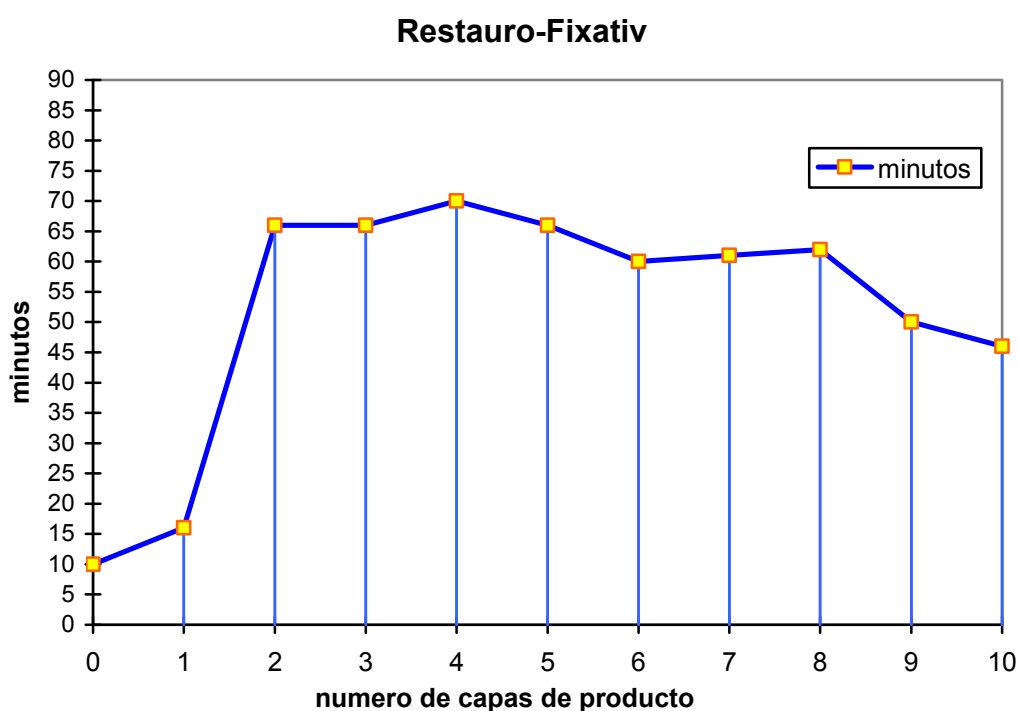
**Tabla 16. Ensayo N° 14.** Observaciones y tiempo que tarda la superficie en absorber una microgota de agua.

| Capas | Tiempo *<br>absorc/min | Orden<br>absorc | Observaciones sobre las gotas de agua                 |
|-------|------------------------|-----------------|---|
| 0     | 10 min.                | 1 <sup>a</sup>  | Se expande  |
| 1     | 16 min.                | 2 <sup>a</sup>  | Se expande. No tanto como sobre la piedra sin tratar. |
| 2     | 66 min                 | 7 <sup>a</sup>  | No se expande   |
| 3     | 66 min                 | 7 <sup>a</sup>  | "   |
| 4     | 70 min                 | 8 <sup>a</sup>  | "   |
| 5     | 66 min                 | 7 <sup>a</sup>  | "   |
| 6     | 60 min                 | 5 <sup>a</sup>  | Residuo seco blanquecino                              |
| 7     | 61 min                 | 5 <sup>a</sup>  | Residuo seco blanquecino                              |
| 8     | 62 min.                | 6 <sup>a</sup>  | " (restos evidentes)                                  |
| 9     | 50 min.                | 4 <sup>a</sup>  | " (restos evidentes)                                  |
| 10    | 46 min.                | 3 <sup>a</sup>  | " (restos evidentes)                                  |

\* El tiempo indicado en el gráfico 8, son los minutos transcurridos hasta la total desaparición de la gota de agua.



Fig. 73. Probeta de superposiciones del fijativo (Restauro Fixativ)



**Grafico 8.** Absorción de las respectivas gotas sobre la superficie de la probeta.



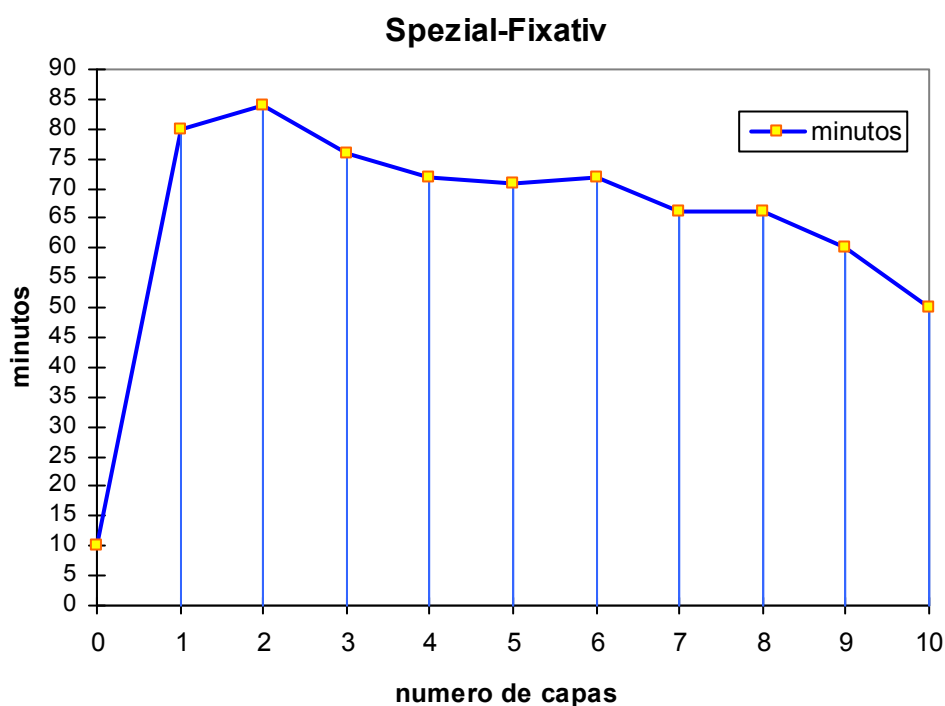
**SPEZIAL FIXATIV****Tabla 17. Ensayo N° 14.** Observaciones y tiempo que tarda la superficie en absorber una microgota de agua.

| capas fijativo | Tiempo* absorc/min | Orden absorc   | Observaciones sobre las gotas de agua               |
|----------------|--------------------|----------------|---|
| 0              | 10 min.            | 1 <sup>a</sup> | Se expande  |
| 1              | 80 min             | 8 <sup>a</sup> | Muestra hidrofugación al depositar la gota de agua  |
| 2              | 84 min             | 9 <sup>a</sup> | "   |
| 3              | 76 min             | 7 <sup>a</sup> | "   |
| 4              | 72 min             | 6 <sup>a</sup> | Muestra algo menos hidrofugación que las anteriores |
| 5              | 71 min             | 5 <sup>a</sup> | "   |
| 6              | 72 min             | 6 <sup>a</sup> | "   |
| 7              | 66 min             | 4 <sup>a</sup> | "   |
| 8              | 66 min             | 4 <sup>a</sup> | "   |
| 9              | 60 min.            | 3 <sup>a</sup> | "   |
| 10             | 50 min             | 2 <sup>a</sup> | "   |

\* El tiempo indicado en el gráfico son los minutos transcurridos hasta la total desaparición de la gota de agua.



Fig. 74. Probeta de superposiciones del fijativo (Spezial Fixativ)

**Grafico 9.** Absorción de las respectivas gotas sobre la superficie de la probeta.

## FIXATIV (Técnica B)

**Tabla 18. Ensayo N°14.** Observaciones y tiempo que tarda la superficie en absorber una microgota de agua.

| capas fijativo | Tiempo * absorc/min | Orden absorcion | Observaciones sobre las gotas de agua     |
|----------------|---------------------|-----------------|---|
| 0              | 10 min.             | 3 <sup>a</sup>  | Se expande.                               |
| 1              | 8 min.              | 2 <sup>a</sup>  | Se expande mucho.                         |
| 2              | 8 min.              | 2 <sup>a</sup>  | "   |
| 3              | 5-8 min.            | 1 <sup>a</sup>  | "   |
| 4              | 5-8 min.            | 1 <sup>a</sup>  | "   |
| 5              | 5-8 min.            | 1 <sup>a</sup>  | "   |
| 6              | 5-8 min.            | 1 <sup>a</sup>  | "   |
| 7              | 8 min.              | 2 <sup>a</sup>  | Se expande algo menos que las anteriores. |
| 8              | 8 min.              | 2 <sup>a</sup>  | "   |
| 9              | 8 min.              | 2 <sup>a</sup>  | "   |
| 10             | 8 min.              | 2 <sup>a</sup>  | "   |

\* El tiempo indicado en el gráfico son los minutos transcurridos hasta la total desaparición de la gota de agua.

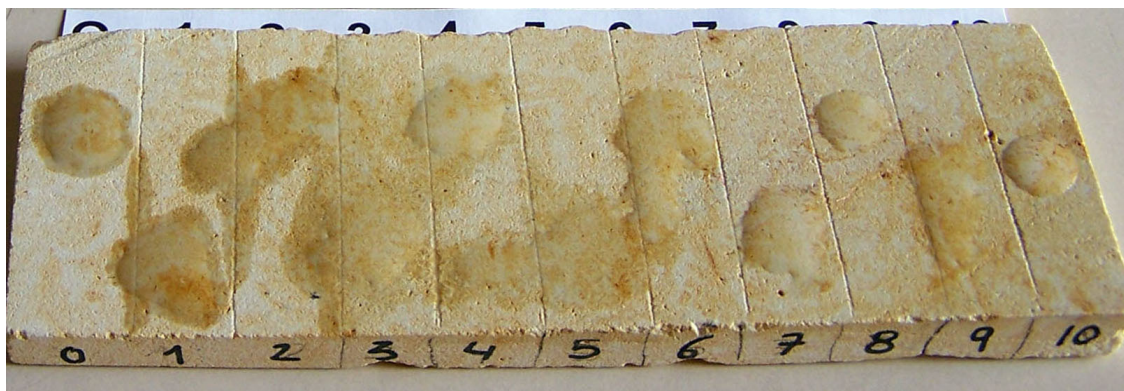
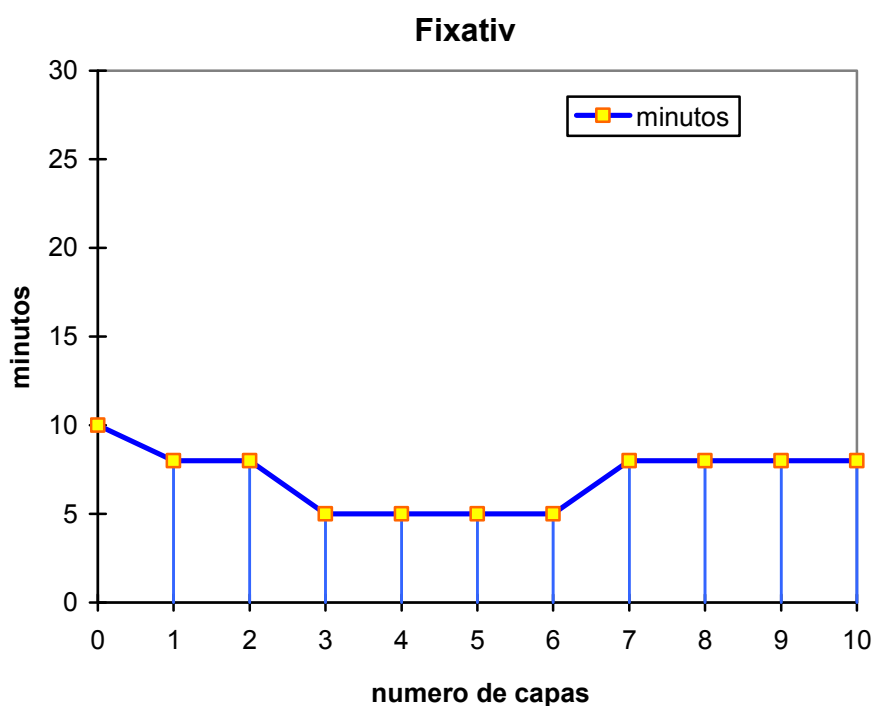


Fig. 75. Probeta de superposiciones del fijativo (Fixativ)



**Grafico 10.** Absorción de las respectivas gotas sobre la superficie de la probeta.

**FIXIERMITTEL** (Técnica A)**Tabla 19, Ensayo N° 14** Tiempo que tarda en ser absorbida una microgota sobre la superficie, y observaciones.

| capas fijativo | Tiempo absorc/min | Orden absorcion | Observaciones sobre las gotas de agua |
|----------------|-------------------|-----------------|---------------------------------------|
| 0              | 3 min.            | 1 <sup>a</sup>  | Se expande                            |
| 1              | 10 min.           | 3 <sup>a</sup>  | Menor expansión que la primera        |
| 2              | 4 min.            | 2 <sup>a</sup>  | "                                     |
| 3              | 10 min.           | 3 <sup>a</sup>  | "                                     |
| 4              | 33 min.           | 5 <sup>a</sup>  | No se expande                         |
| 5              | 3 min.            | 1 <sup>a</sup>  | Se expande                            |
| 6              | 14 min.           | 4 <sup>a</sup>  | Menor expansión que la primera        |
| 7              | 33 min.           | 5 <sup>a</sup>  | No se expande                         |
| 8              | 45 min.           | 6 <sup>a</sup>  | "                                     |
| 9              | 47 min.           | 7 <sup>a</sup>  | "                                     |
| 10             | 47 min.           | 7 <sup>a</sup>  | "                                     |

\* El tiempo indicado en el gráfico son los minutos transcurridos hasta la total desaparición de la gota de agua.

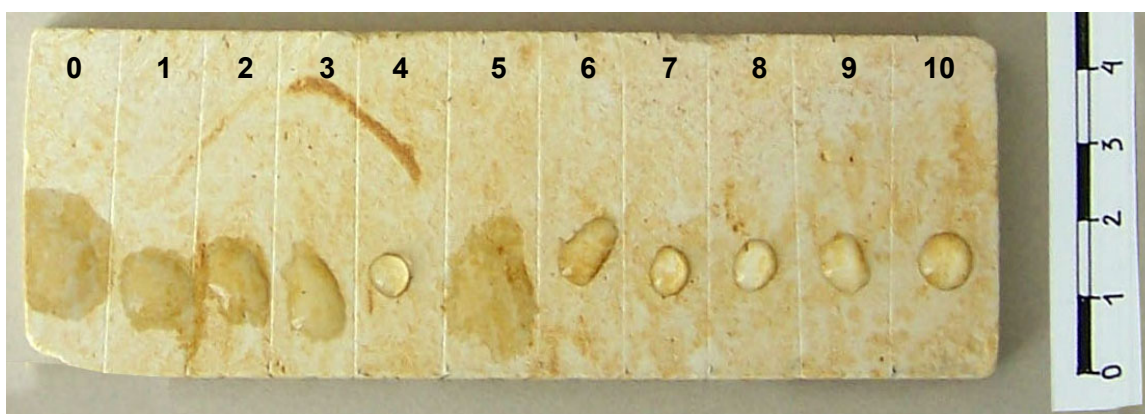
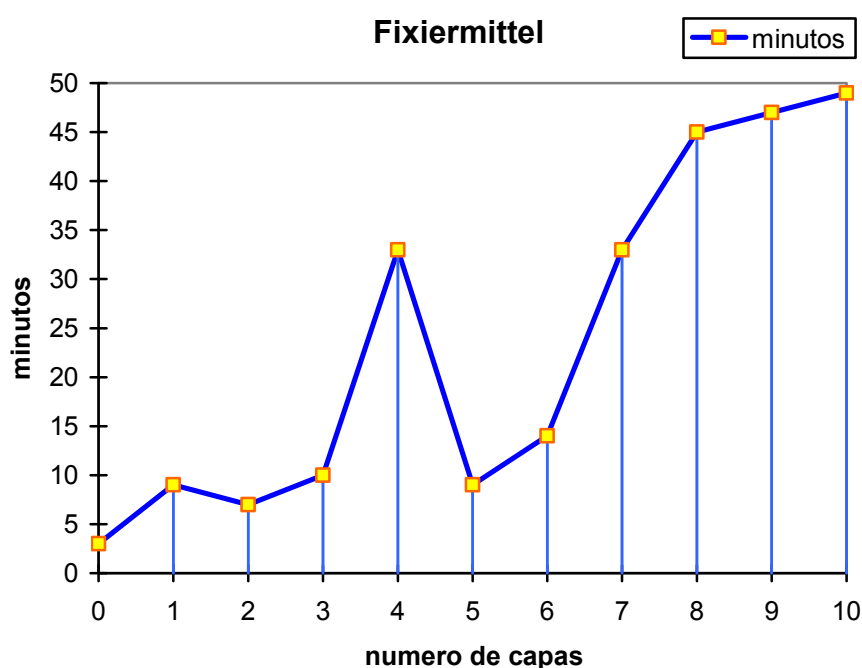


Fig. 76. Probeta con superposiciones de Fixiermittel.

**Gráfico 11.** Absorción de las respectivas gotas sobre la superficie de la probeta.

### Grafico comparativo sobre la absorción de agua de los fijativos

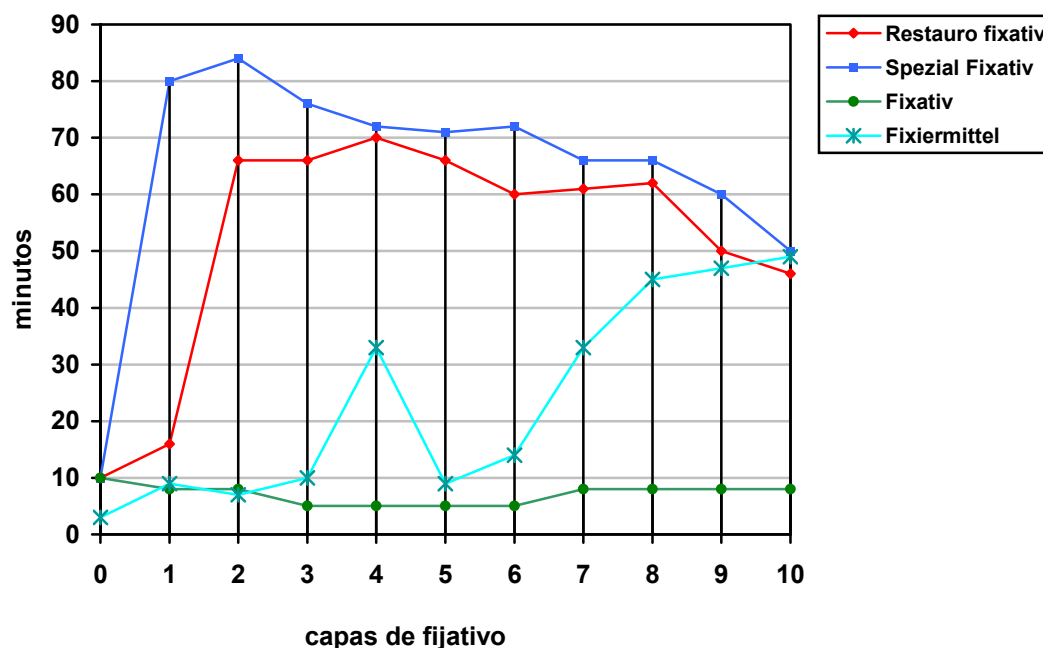


Grafico 12. Grafica comparativa de la absorción según las respectivas pruebas realizadas.

## OBSERVACIONES

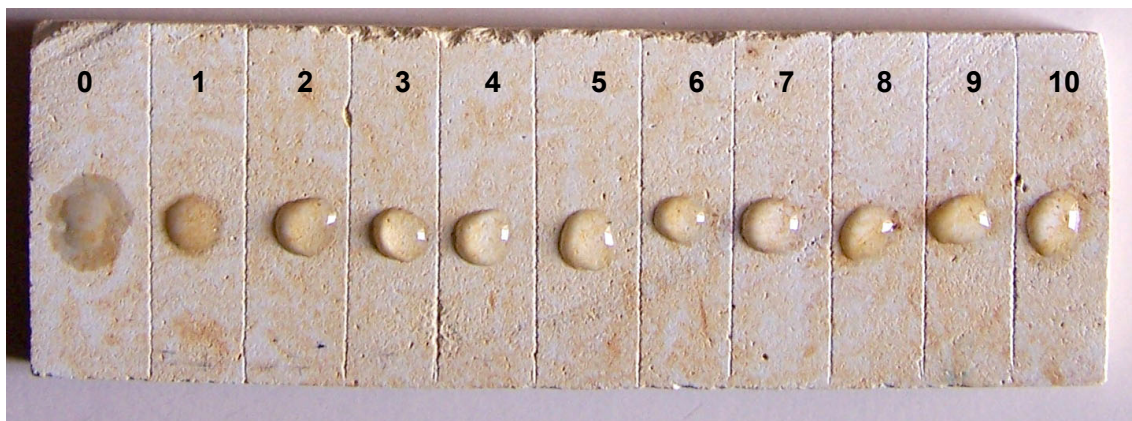
### Hidrofugación

De los productos utilizados indicar que Spezial Fixativ muestra mayor hidrofugación, ya que las micro-gotas que se depositaron en la superficie presentan una apariencia muy redondeada (fig. 72). Después estaría la probeta tratada con Restauero Fixativ, con un ángulo de contacto algo mayor que ésta (ver Ensayo N° 24. Hidrofugación y dolomía). Sin embargo, al secarse las gotas de agua de las zonas tratadas con un exceso de Restauero Fixativ (seis capas o más) se observa que en el lugar donde se depositaron queda un leve velo blanquecino que procede del propio exceso y restos de producto (fig. 71). En estos dos productos se obtienen mejores resultados de hidrofugación con dos o tres superposiciones de producto ya que los componentes hidrofugantes actúan por calidad y no por cantidad (gráfico 12).

Las pruebas de Fixativ (Técnica B) no presentan hidrofugación, al contrario la gota se expande más de lo que lo haría sobre la piedra natural sin tratamiento. Sobre todo se expanden más en las zonas que tienen entre 3 y 6 capas de producto (fig. 75), y al extenderse más son absorbidas antes por el soporte. Curiosamente transcurridos seis meses después de la aplicación del producto se homogeneiza la absorción del soporte y no se



observa el efecto anteriormente descrito, quedando las gotas más redondeadas como se observa en la fotografía (fig. 77), e indica que las propiedades de la superficie han variado desde la aplicación, dificultando la absorción de agua.



*Fig. 77. Micro-gotas depositadas sobre distintas superposiciones de Fixativ (Técnica B). Prueba realizada 6 meses después de la aplicación.*

Las probetas con Fixiermittel muestran que se produce una progresiva disminución de absorción a medida que aumenta el número de capas, mostrando además algún pico que se sale de la progresión normal, debido a las diferencias de absorción del soporte (Gráfico 11 y 12).

Para establecer una comparación se tomó ese mismo día, el tiempo que tarda en desaparecer por evaporación una micro gota de agua destilada aplicada sobre una superficie no absorbente de PVC<sup>141</sup>. El tiempo registrado fue de 90 minutos. Si lo comparamos con las tablas de productos es el tiempo aproximado que tarda en desaparecer la micro-gota de la superficie tratada con dos capas de Spezial Fixativ. Por tanto se considera que la micro gota no ha desaparecido por absorción, sino que ha actuado directamente en su evaporación la temperatura y características ambientales del día del ensayo.

En resumen lo más aconsejable es trabajar directamente la primera capa de color muy diluida a modo de imprimación con color, para que el tono y el producto penetren en el poro de la piedra y al día siguiente policromar la pieza con capas más cubrientes donde sea necesario.

<sup>141</sup> **PVC.** “Quím. Cloruro de polivinilo, el más común de los plásticos. Se usa en forma rígida para tuberías, ya que tiene gran resistencia; en forma plastificada para laminados, cubiertas de cables, moldes y fibra textil”. *Gran Enciclopedia Universal*. Vol. 15. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p. 9719.



## **2.1.6 RESISTENCIA A LA INTEMPERIE.**

Soporte: Plaquetas de dolomía de Bernuy. Medidas: 5 x 3 cm con un grosor de 0,5 cm.

Descripción: Sobre cada una de las plaquetas se aplica un color al silicato de la gama de colores correspondientes a cada una de las técnicas indicadas. En la parte posterior de las probetas no se aplica ningún tratamiento cromático o producto para así acelerar el deterioro de la capa pictórica. La aplicación y proporciones de mezcla de los colores al silicato están indicadas según las tablas 20, 21 y 22.

Localización: Las probetas se colocan a la intemperie en un área rural (Torrecaballeros, Segovia) aproximadamente a 4km. del puerto de Malagosto y a 15 km de la ciudad de Segovia. Estarán expuestas a factores meteorológicos extremos (calor, lluvia y heladas, nieve...) y menos expuestas a los factores contaminantes propios de las ciudades. Se ha seleccionado este entorno porque el principal agente deteriorante de la piedra y policromía es la humedad, luz y los cambios bruscos de temperatura (ver Anexo II. En II.1.3 Deterioro natural de la piedra. Factores.)

Este ambiente climático se caracteriza por:

- Constante exposición al sol, viento, hielo, lluvia, granizo y nieve.
- Temperaturas aproximadas en verano de: máximas 33 °C y mínimas de 14 °C.
- Temperaturas aproximadas en invierno: mínimas de -11 °C y máximas de 2 °C.
- Grandes oscilaciones de temperatura día/noche.

Situación: Se colocan en horizontal a nivel del suelo (sobre una roca con crecimiento de musgo) para que sea mayor la cantidad de suciedad, polvo y esporas que se depositen sobre las piezas. También incidirán sobre su superficie en mayor medida los factores atmosféricos tales como lluvia, sol, hielo, nieve, microorganismos, humedad, etc.

**ENSAYO Nº 15****INTEMPERIE**

A continuación se indican los datos de aplicación de las muestras de referencia y de las probetas que se van a colocar a la intemperie (fig 78).

**RESTAURO LASUR***Tabla 20. Aplicación de las diferentes capas.*

| Datos capas          | Fecha     | hora | °C    | Proporciones *          |
|----------------------|-----------|------|-------|-------------------------|
| Fijación/imprimación | 29-8-2006 | 15 h | 24 °C | Diluyente puro          |
| 1ª capa              | 30-8-2006 | 17 h | 25 °C | 3:7 (color/ diluyente)  |
| 2ª capa              | 31-8-2006 | 16 h | 26 °C | 4:7 (color / diluyente) |
| 3ª capa              | 1-9-2006  | 11 h | 26 °C | 4:7 (color / diluyente) |

\* Proporciones de diluyente: Restauro Lasur y Restauro Fixativ respectivamente.

**- Colocación a la intemperie: 10-Septiembre-2006**

**DEKORFARBEN (TÉCNICA B)***Tabla 21. Aplicación de las diferentes capas.*

| Datos capas          | Fecha     | hora | °C    | Proporciones *        |
|----------------------|-----------|------|-------|-----------------------|
| Fijación/imprimación | 30-8-2006 | 15 h | 25 °C | 1 capa diluyente      |
| 1ª capa color        | 31-8-2006 | 15 h | 26 °C | 3:7 Color / diluyente |
| 2ª capa color        | 1-9-2006  | 22 h | 26 °C | 4:7 Color / diluyente |

\* Diluyente: Fixativ diluido en agua destilada en proporción 1:1.

**- Colocación a la intemperie: 10-Septiembre-2006**

**KÜNSTLERFARBEN (TÉCNICA A)***Tabla 22. Aplicación de las diferentes capas.*

| Datos capas          | Fecha     | hora    | °C    | Proporciones*               |
|----------------------|-----------|---------|-------|-----------------------------|
| Fijación/imprimación | 7-3-2007  | 9 h     | 20 °C | 3:1 Fixiermittel/agua dest. |
| Aplicación color     | 7-3-2007  | 12 h    | 20 °C | 3:1 (color/ agua dest)      |
| 1ª fijación          | 7-3-2007  | 22 h    | 21 °C | 2:1 Fixiermittel/agua dest. |
| 2ª fijación          | 8-3-2007  | 19 h    | 16 °C | "                           |
| 3ª fijación          | 8-3-2007  | 23 h    | 18 °C | "                           |
| 4ª fijación          | 9-3-2007  | 18,30 h | 20 °C | "                           |
| 5ª fijación          | 11-3-2007 | 18,30 h | 22 °C | "                           |

\* Proporciones de diluyente: Fixiermittel.

**- Colocación a la intemperie: 1-Abril-2007**

**PIEZAS DE REFERENCIA.**

**TÉCNICAS AL SILICATO SOBRE DOLOMÍA**

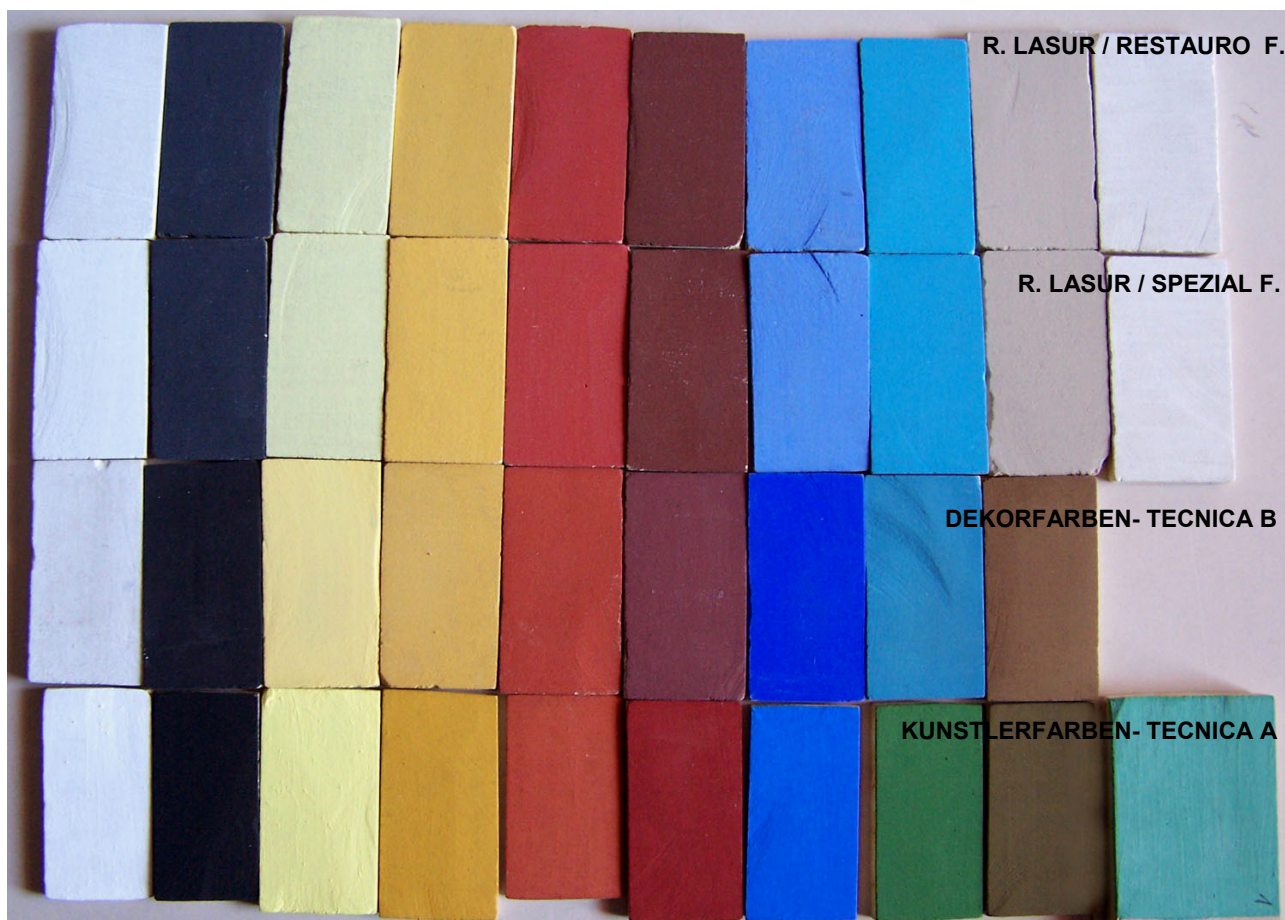


Fig. 78. Probetas de referencia de las técnicas al silicato Keim experimentadas.

Aunque cada técnica contiene distintos pigmentos, en general destaca la viveza de color y la luminosidad que caracteriza a la pintura al silicato. Como observación general indicar que los colores aportados por la técnica Restauro Lasur resultan más mortecinos o faltos de fuerza que los demás. Los de la técnica B (Dekorfarben) son más intensos, pero los más vivos y llenos de color son los correspondientes a la técnica A (Künstlerfarben) en la parte inferior de la fotografía (fig. 78).

A continuación se incluyen las fotografías de las probetas y su proceso de exposición a la intemperie.



**2 meses de exposición a la intemperie, del 10-Septiembre-06 a Noviembre-06**

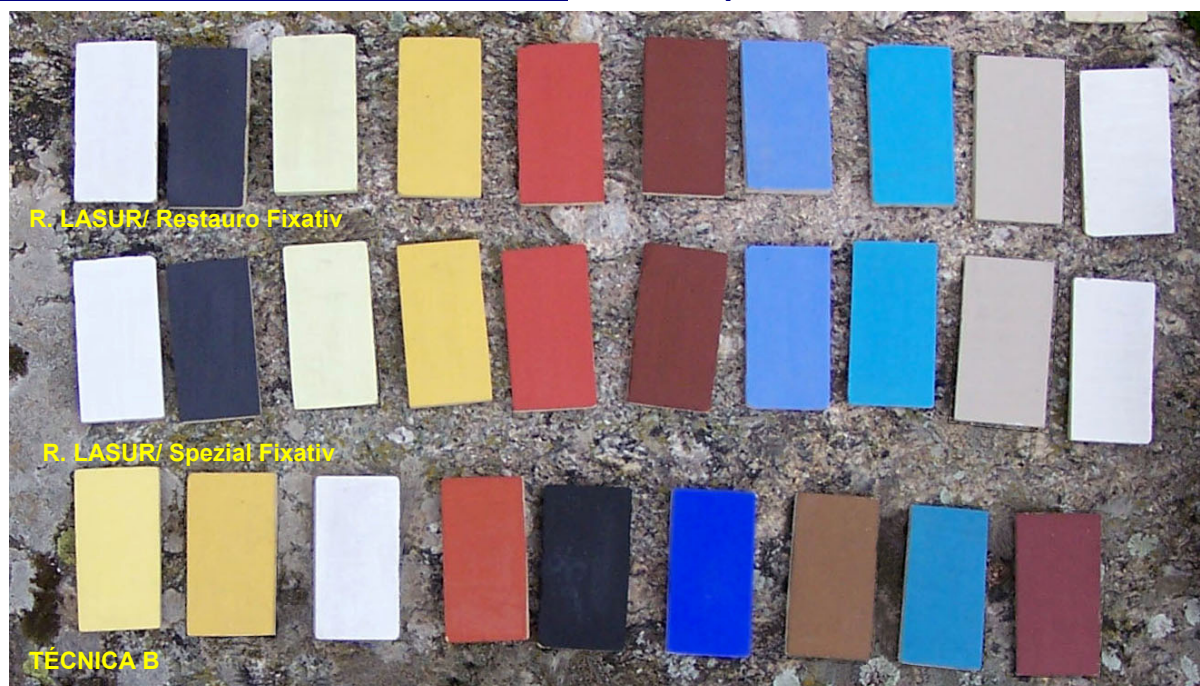


Fig. 79. Técnicas al silicato Keim. Después de dos meses de exposición a la intemperie.

No se observan cambios significativos en la superficie de las probetas expuestas. Únicamente que la técnica Restauro Lasur presenta tonos menos intensos.

**6 meses de exposición a la intemperie. Del 10-Septiembre-06 a Marzo 2007**



Fig. 80. Técnicas al silicato Keim. Después de seis meses de exposición a la intemperie



Fotografías que muestran las probetas de referencia guardadas en interior (Interior) junto con las probetas expuestas a la intemperie después de seis meses (Intemperie) (Figs. 81,82,83). Se observan ligeros desprendimientos superficiales en algunas probetas (fig. 82).





## **6 meses de exposición a la intemperie- Künstlerfarben (Técnica A)**

***del 1-Abril-07 a Octubre 07***

Estas probetas se colocaron a la intemperie posteriormente. Imagen tomada en Octubre 2007, seis meses después de su exposición a la intemperie (fig. 84), en ella se observan las probetas de referencia e intemperie, y en la parte inferior las que han sido hidrofugadas posteriormente (ver 3.2.2 Hidrofugante y dolomía policromada al silicato)



*Fig.84. Técnica A- Keim y probetas hidrofugadas en la parte inferior. Imagen tomada en Octubre 2007.*

## **OBSERVACIONES sobre todas las técnicas después de 6 meses de exposición a la intemperie**

### ***Color***

En las muestras que han estado a la intemperie no se observa decoloración o cambios de color con respecto a las que han estado guardadas en interior y a oscuras, lo cual se observa claramente en las fotografías de cada una de las técnicas (fig. 81,82, 83 y 84).

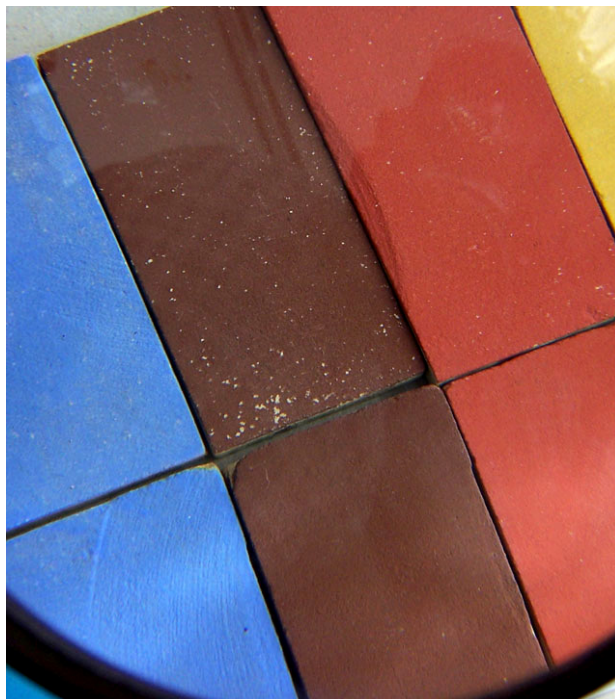
### ***Capa pictórica***

Las probetas pintadas con la técnica K. Lasur diluida con Restauro Fixativ que han estado a la intemperie comienzan a presentar signos deterioro de la capa pictórica. En algunos

de los colores como los óxidos rojo y marrón se observan pequeños desprendimientos mínimos de la capa mineral de color de la superficie pétrea (fig. 85).

*Fig. 85. Detalle de una muestra que presenta deterioro por exposición a la intemperie durante seis meses. Estas probetas han sido realizadas con pintura al silicato Restauro Lasur, y diluido con Restauro Fixativ.*

*En la parte inferior se observa la pieza de referencia sin desprendimientos.*



En el resto de probetas no se observan diferencias entre las piezas que han estado a la intemperie y las piezas de referencia (figs. 82 y 83)

### 1 AÑO de exposición a la intemperie, del 10-Septiembre-06 al 10 Septiembre 07

#### **OBSERVACIONES**

Después de un año de exposición a la intemperie de estas piezas el deterioro que se observa en algunas de ellas es más evidente (figs. 94, 95 y 96).

**Color.** No se observa decoloración o cambios de color en las probetas situadas a la intemperie con respecto a las que han estado guardadas en interior.

**Capa pictórica.** Son más evidentes los desprendimientos de pequeñas partículas de pigmento de la capa pictórica de las probetas pintadas con la técnica K. Lasur diluida con Restauro Fixativ (fig. 86, 87 y 90).

*Fig. 86. Detalle de las muestras, tratadas con Restauro Lasur diluido con Restauro Fixativ. En la parte superior se observa la pieza de referencia.*







Fig. 87. Un año de exposición a la intemperie (abajo), estas probetas presentan menor resistencia.



Fig. 88. En la parte inferior probetas de dolomía después de un año expuestas a la intemperie.



Fig. 89. En la parte inferior probetas de dolomía después de un año expuestas a la intemperie.





Fig. 90. Mayo 2008 Restauro Lasur diluido con Restauro Fixativ. 1 año y 8 meses exposición intemperie. El deterioro de las muestras es muy evidente.

**1 año y 1 mes de exposición a la intemperie, - Künstlerfarben (Técnica A)**  
**del 1- Abril - 07 a Mayo 08**

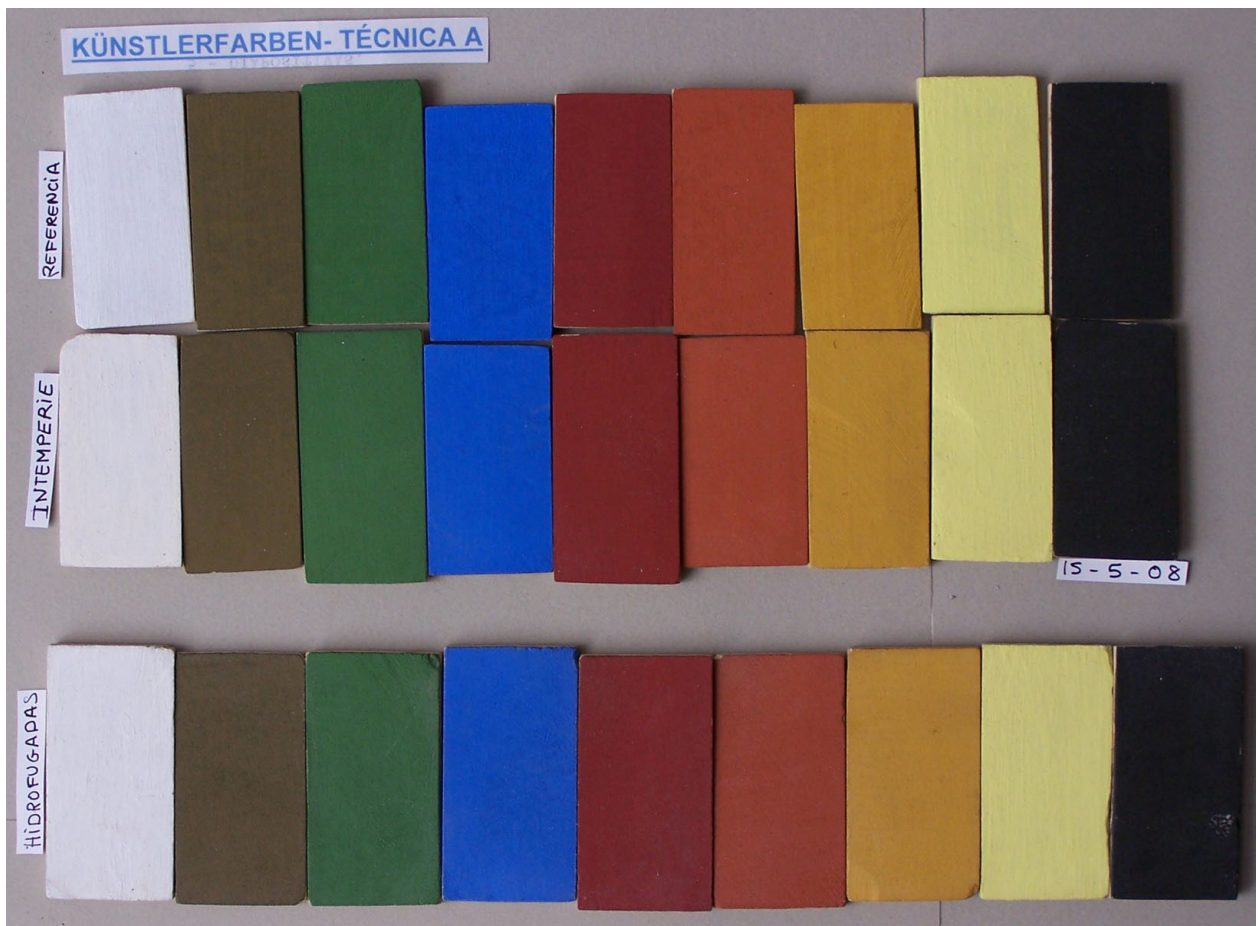


Fig. 91. Probetas de dolomía después de un año y un mes de exposición a la intemperie.

Como se puede apreciar en las fotografías de las piezas, en el resto de técnicas al silicato después de un año de exposición a la intemperie en condiciones extremas, no se observan cambios significativos entre las piezas de referencia y las expuestas al exterior.



**2 años de exposición a la intemperie Del 10-Septiembre-06 a Septiembre 2008**

Fotografías de las piezas de referencia (conservadas en interior) y las que han estado a la intemperie durante dos años.

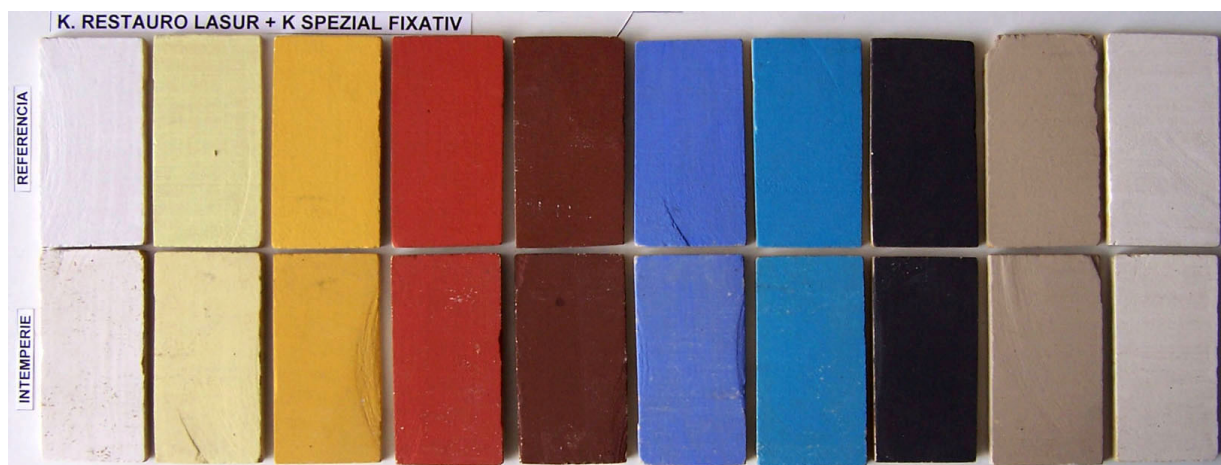


Fig. 92. Se observan unos ligeros desprendimientos pero en general su resistencia es muy buena.

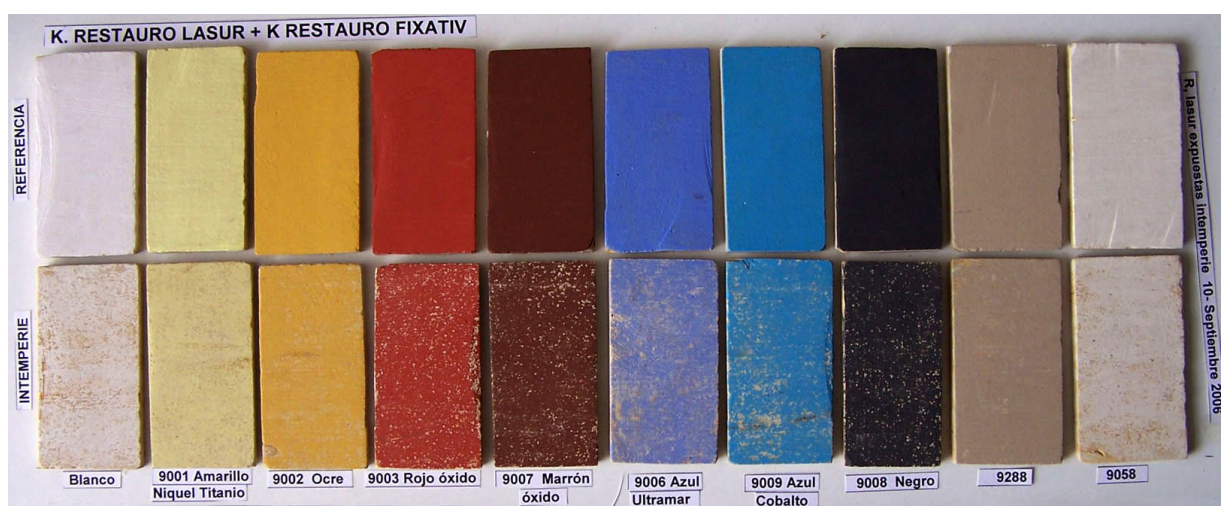


Fig. 93. Se producen desprendimientos por toda la superficie de la probeta.

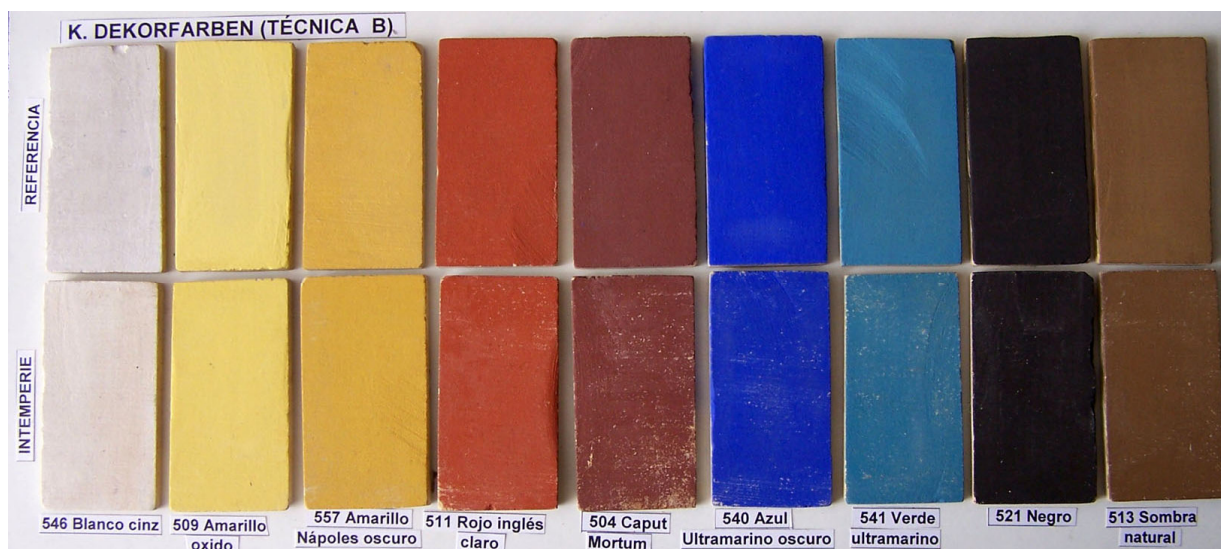


Fig. 94. Pequeños desprendimientos pero también indicar que presentaban un ligero fallo de fijación.



**1 año y 5 meses de exposición a la intemperie, - Künstlerfarben (Técnica A)**

**Del 1- Abril - 07 a Septiembre 08**

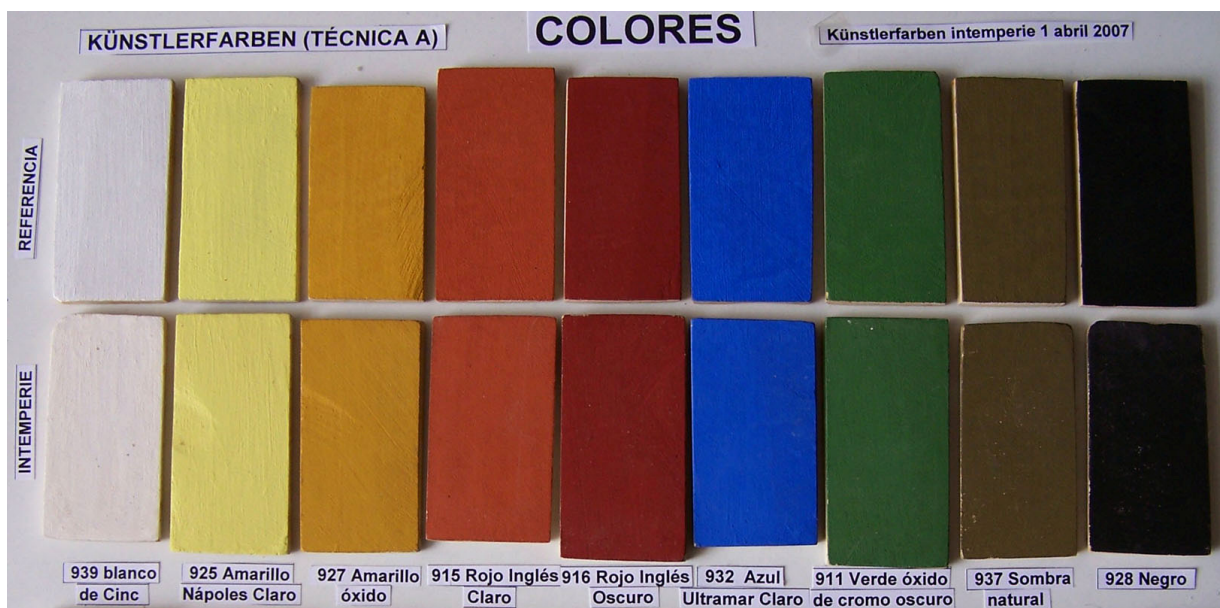


Fig. 95. Las probetas de dolomía policromadas con la Técnica A son las más resistentes a la intemperie de los productos hasta ahora investigados.

### **OBSERVACIONES FINALES**

Dos años de exposición a la intemperie es un periodo significativo. Las piezas que han presentado menos resistencia a la intemperie son las correspondientes al producto Restaurolasur diluido con K. Restaurolasur Fixativ (fig. 93). Mientras que las probetas pintadas con este mismo producto diluidos con K. Spezial Fixativ ofrecen una resistencia óptima (fig. 92). La causa de esta menor resistencia es previsiblemente el contenido en siliconatos como agente hidrofugante del producto (componente aditivo de Restaurolasur Fixativ). Las resinas de silicona se emplean por su poder hidrofugante, sin embargo los siliconatos se recomiendan para materiales muy porosos, mientras que la dolomía es una piedra de porosidad media-baja, lo que dificulta la penetración en profundidad en la piedra tanto del producto al silicato como de los siliconatos del hidrofugante.

Además, los siliconatos están siendo reemplazados por las resinas de silicona ya que su corta duración puede ser debida a que su polimerización es bastante lenta y podrían ser eliminados por la lluvia<sup>142</sup>. Otra particularidad de los siliconatos, a diferencia de los silanos y

<sup>142</sup> ALCALDE MORENO, Manuel.; et al.; *Diagnóstico y tratamiento de la piedra: I La alteración de la piedra en los monumentos. II Consolidantes e hidrófugos, productos para el tratamiento de materiales pétreos.* n. 400. Madrid: ICCET-CSIC (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja- Consejo Superior de Investigaciones Científicas), 1990. p. 61.

siloxanos (ver Capítulo II. 3.1 Resina de silicona), es que precisan reaccionar con el dióxido de carbono atmosférico para crear la estructura de silicona repelente al agua, lo que puede que influya en la silicatización cuando se aplican capas sucesivas.

*“Como el vidrio soluble, las soluciones acuosas de siliconatos reaccionan con el dióxido de carbono del aire para formar carbonato de potasio y silicato polimetílico, el cual confiere a la estructura de resina de silicona la deseada repelencia al agua [...]*

*Sin embargo, en latitudes Europeas, los siliconatos han dejado de utilizarse para la impregnación de la mampostería exterior desde que ellos tendían a formar un film blanco y pueden ser lavados o diluidos por la lluvia, particularmente antes de que estén completamente curados.”<sup>143</sup>*

Por último también podría influir la adherencia del pigmento al aplicarse capas sucesivas de producto sobre la capas inferiores hidrofugadas, ya que las resinas de silicona utilizadas en emulsión para pinturas tienen la característica de admitir capas superpuestas.

Las probetas pintadas con K. Dekorfarben (técnica B) muestran algo de deterioro de la capa pictórica, que fundamentalmente podría decir que es debido a que antes del ensayo presentaban falta de fijación del pigmento, ya que manchaban levemente al tacto, y que hubiera sido preciso fijar la capa de color previamente a su exposición a la intemperie. Esto no se llevó a cabo para no añadir más producto al silicato sobre la capa pictórica, esperando que con el tiempo reaccionara el silicato y se fijara al soporte, lo cual no sucedió y ha incidido en su resistencia, ya que después de su exposición a la intemperie se observan leves desprendimientos de partículas de pigmento en algunas probetas (fig. 94).

Sin embargo la técnica que presenta unos resultados concluyentes en cuanto a duración, resistencia y luminosidad es K. Künstlerfarben (técnica A). Después de año y medio de exposición a los mismos factores meteorológicos que las otras probetas, las piezas se han conservado como el primer día de aplicación, lo cual se puede observar en la fotografía al compararlas con las probetas de referencia que han estado guardadas en interior y protegidas de la luz (fig. 95).

---

<sup>143</sup> MAYER, Hans. “The chemistry and properties of silicone resins: network formers (in paints and renders)” [version electrónica] Article en *Pigment & Resin Technology*, Volume. 27, Issue 6, Burghausen (Germany): Publisher MCB University Press Ltd, 1998. p. 369. [http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/21.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/21.pdf) [Consulta: Julio 2008]

## 2.1.7 INFORME TÉCNICO. SILICATO Y DOLOMÍA.

### 2.1.7.1 Resistencia a la fricción.

#### ENSAYO Nº 16

#### FRICCIÓN

Las probetas que corresponden a veladuras y capas cubrientes se acabaron los días 18-8-2006 y 19-8-2006 (ver cada una de las técnicas en 2.1.1 Silicatos Keim seleccionados e indicaciones generales). Transcurridos diez días desde la última aplicación sobre estas probetas se realizaron las siguientes comprobaciones:

**Resistencia a la fricción en seco-** Presionando sobre la capa pictórica, en una superficie aproximada de 1cm con un pequeño trozo de algodón enrollado.

**Observaciones:** Las probetas de todas las técnicas experimentadas no manchan mediante fricción en seco, esto se observa tanto en las muestras tratadas con y sin imprimación, como en las realizadas con veladuras y capas cubrientes. Sin embargo las muestras menos diluidas de la técnica B manchan ligeramente el algodón.

**Resistencia a la fricción en mojado-** Realizado como en la prueba anterior pero con el algodón humedecido en agua destilada y posteriormente escurrido.

**Observaciones:** En todas las técnicas al silicato experimentadas, en general, las tres primeras probetas con veladuras no manchan, pero a medida que aumenta la proporción de pintura con respecto al diluyente, es decir las menos diluidas, comienza a observarse una ligera pérdida de color al mancharse el algodón húmedo (fig. 96).



*Fig.96. Resistencia a la fricción en húmedo. Técnica B. Detalle del desprendimiento de partículas de pigmento de las muestras al ensayo de fricción en húmedo. Cada uno de los algodones corresponde a la comprobación de las respectivas probetas, con proporciones muy diluidas a la izquierda y menos a la derecha.*

De todas las muestras, las pintadas con Restaurolasur y diluidas con Spezial-Fixativ son las más resistentes de todas a la fricción en húmedo, ya que pierden muy poco color. Después estarían las diluidas con Restaurolasur, que pierden algo más de color, y según se indicaba en el apartado anterior (2.1.6 Resistencia a la intemperie) puede ser debido a la poca porosidad de la piedra y al hidrofugante de siliconatos que contiene el producto. Por último estarían las piezas correspondientes a la técnica B, que son las más sensibles a este ensayo desprendiéndose más pigmento, siendo debido fundamentalmente a la falta de silicato para que se produzca la fijación, por lo que sería preciso fijar la superficie.

En general las probetas pintadas al silicato no manchan al tacto ni presentan una superficie pulverulenta, sin embargo, como se indicaba en el ensayo a la fricción en húmedo, se desprende cierta cantidad de pigmento de las capas más cargadas de pintura. Esto produce cierto desconcierto, fundamentalmente porque se considera que *“la técnica al silicato petrifica de forma insoluble con el soporte”*<sup>144</sup>. Por consiguiente fue preciso consultar y confirmar si las técnicas al silicato son apropiadas para ser utilizadas sobre dolomía o bien, si se ha producido un error técnico de aplicación en las probetas, fundamentalmente porque los fijativos al silicato se han adquirido recientemente y la aplicación de las pruebas se ha llevado a cabo siguiendo rigurosamente las instrucciones indicadas en las respectivas fichas técnicas.

Parte de las observaciones que se exponen a continuación proceden de la consulta de estos resultados mediante entrevista directa con los técnicos especialistas en la utilización de silicatos Keim, D. Peter Mayer (Director Técnico de Keim Ecopaint, España) y D. Helmut Elsner (Director Técnico de Keim Farben, Alemania), los cuales ha aportado sus apreciaciones sobre esta técnica y su conocimiento especializado sobre estos productos.

### 2.1.7.2 Observaciones sobre resistencia a la fricción

Para aumentar la resistencia a la fricción de esta pintura los técnicos indican que dado el pequeño poro de la dolomía es necesario que los productos contengan las partículas más micronizadas posibles, por ejemplo:

*“Restaurolasur contiene cargas con un diámetro de aprox. 10 micras. Las partículas de pigmentos, que también contiene Keim Dekorfarben, son todavía más finas, con un diámetro de 1-5 micras. Las cargas de Keim Dekorfarben tienen un diámetro de hasta 100 micras. Esto quiere decir que la superficie de la pintura, vista en el microscopio, es más*

---

<sup>144</sup> Indicado en varias fichas técnicas (K. Spezial-Fixativ y k. Dekorfarben), ver Anexo V.1 Silicato potásico (Keim).

*“rugosa”, por lo que se produce un efecto de abrasión en la prueba de resistencia a la fricción, arrancándose estas partículas gruesas de la capa de pintura”<sup>145</sup>.*

Esto se observa fundamentalmente en la Técnica B (K. Dekorfarben), en la que la superficie final de la pintura queda bastante áspera al tacto y cuya superficie ha sido más sensible al ensayo de fricción en húmedo.

Los técnicos confirman que el procedimiento llevado a cabo en esta investigación ha sido correcto, y que el soporte de dolomía es muy adecuado para su policromía con silicatos. Sin embargo recalcan que la fijación del pigmento en estas pinturas minerales se produce por reacción química, caracterizándose por ser microporosas y no formar película, es decir, no tienen una capa continua que envuelve totalmente las partículas de pigmentos y cargas, por lo que éstas pueden ser agredidas por procedimientos mecánicos de fricción, o al ejercer un efecto abrasivo al frotar con fibras textiles. Indican que la prueba de fricción es útil para valorar la estabilidad de distintas superficies y evaluar la resistencia mecánica de la capa, pero no es apta si pretendiéramos valorar la resistencia a la intemperie, ya que en exteriores no se produce este tipo de fricción sobre la capa de pintura. También indican que el agua hincha y ablanda la matriz de ligantes de la capa de pintura, por lo que es mayor el efecto de pérdida de partículas al efectuarse la fricción en húmedo.

Según el ensayo con la técnica B (2.1.6 Resistencia a la intemperie), cuando se produce cierta pérdida de color, indicar que con el transcurso del tiempo no se va a producir una mayor fijación por silicatización de la superficie, por lo que sería conveniente proceder al fijado de la superficie aplicando el producto específico al silicato según la técnica de que se trate, repitiendo el proceso hasta que se observe el resultado de fijación deseado. Es preciso eliminar el exceso de producto para que no se formen zonas satinadas, y respetar el tiempo de reacción entre capas de 12 horas.

### **2.1.7.3 Soporte**

Los técnicos confirman que la dolomía de Bernuy es un soporte mineral con un componente principal de carbonato cálcico-magnésico, (con trazas de caolín, arcilla y óxidos de hierro). También que presenta poca porosidad, un poco baja para la pintura al silicato, pero confirman que esta piedra es idónea para realizar policromías con pintura mineral al silicato,

---

<sup>145</sup> Elmut ELSNER y Peter MAYER. [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Elmut Elsner, (Director Técnico de Keim-Farben Alemania) y Peter Mayer (Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica SL). Barcelona, Marzo 2007.



ya que aún siendo un soporte con elevada dureza mecánica, la aplicación de veladuras con silicato y su fijación previa o posterior va a permitir maximizar su resistencia.

Teniendo en cuenta que el escultor emplea los materiales más variados para la creación escultórica, se preguntó a los técnicos sobre los componentes principales y propiedades que ha de tener un soporte para que se produzca una correcta fijación de la pintura, a lo que indicaron que la pintura al silicato reacciona en general con las cargas minerales del soporte, pero que principalmente precisan que el soporte presente cierta porosidad.

*“Los principales factores que requiere el soporte son: que sea poroso y que esté formado por minerales. No necesariamente ha de estar compuesto por carbonato cálcico o sílice, como erróneamente se pudiera suponer, ya que, por ejemplo, sería perfectamente viable pintar con la Técnica A sobre una terracota (por sus características de porosidad y composición mineral), pero no lo sería pintar con esta técnica sobre un mármol, granito o basalto, piedras en las que su composición es adecuada pero dada su escasa porosidad no son aptas”<sup>146</sup>.*

Peter Mayer indica que la superficie de las probetas presenta una superficie muy lisa y que en cierto modo dificulta el agarre de las partículas de pigmento de la pintura y la distribución uniforme de la veladura. Para aumentar la rugosidad sería suficiente lijar la superficie de nuevo con un papel de lija basto (Anexo II. En II.2.3.3 Acabado-bujarda, escofina y lijado). Es importante indicar que a pesar de que la superficie de las probetas es excesivamente lisa el resultado general y fijación de la pintura se ha realizado con éxito.

Los técnicos indican que la dolomía en general presenta una superficie de porosidad irregular, lo que afecta a su capacidad de absorción de ligantes en base acuosa y a la distribución homogénea de las veladuras. Al presentar una superficie de absorción heterogénea, principalmente con zonas cristalinas y amorfas, se puede realizar una fijación previa de la superficie antes de la primera aplicación de color para uniformar en cierto modo la absorción (ver 2.1.5 Imprimación al silicato potásico).

Otro punto interesante consultado fue referente a la posible influencia de la humedad contenida en el soporte y, si existen otros condicionantes que pudieran dificultar la reacción de fijación de la pintura al silicato sobre la piedra. Respecto a la humedad interna del soporte indican que no existen máximos exactos pero que *“En cualquier caso, tanto para la aplicación de la pintura como para las fijaciones, el soporte debe estar seco a la vista. No debe presentar*

---

<sup>146</sup> Elmut ELSNER y Peter MAYER. [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Elmut Elsner, (Director Técnico de Keim-Farben Alemania) y Peter Mayer (Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica SL). Barcelona, Marzo 2007.

*manchas de humedad, ni debe contener sales dañinas*<sup>147</sup>. Aparte del posible exceso de humedad, otros factores a evitar son la presencia de suciedad, polvo, grasa, eflorescencias o deterioro visible, y las condiciones meteorológicas extremas, de frío, calor o sol, ya que influirían de forma importante en la reacción química de fijación de la pintura.

#### 2.1.7.4 Técnica apropiada para dolomía de Bernuy

Los técnicos confirman que los resultados obtenidos en los respectivos ensayos de las técnicas investigadas hasta el momento coinciden plenamente con sus experiencias, lo cual confirma los resultados y garantiza que la aplicación del producto en las muestras ha sido correcta.

Ante todo recalcan que *“la técnica B no es la pintura idónea para este uso”*, circunstancia que comenzaba a ser evidente en los resultados de la investigación, y señalan que además es una técnica propensa a presentar eflorescencias de sales en la superficie. Recomiendan en cierto modo el uso de Restauro Lasur para policromías con veladuras sobre dolomía, que a la vez presenta una aplicación más sencilla, aunque recalcan que: *“tanto la Técnica B como Restauro Lasur están hechas para pintores de brocha gorda”* comenta Helmut Elsner, con la traducción y contribución personal de Peter Mayer, *“además, Restauro Lasur es mucho menos resistente, siendo un producto que se ha creado para igualar tonos de piedra o para dar pátinas, no para su trabajo artístico. Además de que Restauro Lasur estaría indicado para piedras más porosas o areniscas, ya que crea menos tensión en la capa superficial que forma la pintura.”*<sup>148</sup> Fundamentalmente aconsejan los siguientes productos y secuencia de trabajo:

##### **“KEIM Restauro-Lasur**

###### **Cubriente:**

1. Fijación previa con KEIM Spezial-Fixativ sin diluir
2. 2 partes de KEIM Restauro-Lasur, diluido con 1 parte de KEIM Restauro- Fixativ
3. KEIM Restauro-Lasur sin diluir

###### **Veladura:**

1. Fijación previa con KEIM Spezial-Fixativ sin diluir
2. De 2 hasta máx. 4 manos de veladura con KEIM Restauro-Lasur, diluido en cualquier proporción con KEIM Spezial-Fixativ

---

<sup>147</sup> Elmut ELSNER y Peter MAYER. [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Elmut Elsner, (Director Técnico de Keim-Farben Alemania) y Peter Mayer (Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica SL). Barcelona, Marzo 2007.

<sup>148</sup> Elmut ELSNER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Elmut Elsner, Director Técnico de Keim-Farben Alemania. Traducción y aportaciones de Peter MAYER, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica SL. Barcelona, Marzo 2007.

### **KEIM Künstlerfarben**

#### **Cubriente:**

1. Fijación previa con KEIM Fixiermittel, diluido 1:2 con agua destilada
2. Una mano de Künstlerfarbe, ligeramente diluida con agua destilada
3. aprox. 4 fijaciones posteriores pulverizando KEIM-Fixiermittel, diluido 1:2 con agua destilada

#### **Veladura:**

1. Fijación previa con KEIM Fixiermittel, diluido 1:2 con agua destilada
2. Una mano de veladura con Künstlerfarbe, diluida en cualquier proporción con agua destilada
3. 3-4 fijaciones posteriores pulverizando KEIM-Fixiermittel, diluido 1:2 con agua destilada. (Después de 2 fijaciones, se puede aplicar otra mano de veladura)
4. En caso de aplicación de varias manos de veladura, deben aplicarse al final las fijaciones posteriores (1:2 con agua destilada) necesarias para conseguir la estabilidad mecánica deseada.
5. Después de al menos 1 semana desde la última fijación, hidrofugación incolora con KEIM Lotexan-N, dos aplicaciones húmedo sobre húmedo<sup>149</sup>

D. Helmut Elsner insiste en la utilización de la técnica original bicomponente al silicato K. Künstlerfarben (Técnica A) para trabajos artísticos y que además permite correcciones mientras se trabaja. También comenta que es completamente adecuada para la dolomía de Bernuy, ya que es una piedra bastante tenaz, compacta y resistente. Características del soporte importantes ya que esta técnica forma una capa de silicatización que crea una especie de costra más rígida o dura en la parte externa de la piedra, lo cual sería poco adecuado y aceleraría el deterioro de piedras de composición interna más débil.

Para concluir recomiendan aplicar un tratamiento protector final para la pintura y para el propio soporte *“una hidrofugación incolora posterior con Keim Lotexan-N, para proteger la piedra, ya que sus ligantes de cal son sensibles al agua y a sustancias ácidas contaminantes del aire disueltas en el agua. La hidrofugación permite a la vez reducir al mínimo el ensuciamiento y crecimiento de algas”*. (3.2 Hidrofugante de resina de silicona sobre dolomía).

---

<sup>149</sup> Elmut ELSNER y Peter MAYER. [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Elmut Elsner, (Director Técnico de Keim-Farben Alemania) y Peter Mayer (Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica SL). Barcelona, Marzo 2007.

## ENSAYO N° 17

## Keim Künstlerfarben, técnica A

Ensayo realizado por Helmut Elsner (Director Técnico de Keim Farben Alemania) con la técnica A sobre dolomía de Bernuy. Se realizó en Noviembre 2006 a continuación se incluye la traducción del proceso pictórico al silicato llevado a cabo (fig. 97).

***“Placa de la muestra de dolomía:***

*Las dos muestras se tratan con color para artistas Keim Künstlerfarben,*

- Parte 1 cubierta, parte 2 veladura.*
- Color seleccionado arbitrariamente, K 922 cobalto-verde.*

*La piedra no fue prefijada en este caso.*

*La pasta del colorante para la parte 1 llegó a ser poco diluida,*

*Para la parte 2 fuertemente diluida en agua destilada (diluyente aplicado).*

*Después del proceso de secado están ambas partes fijadas con 1:2 (2 de agua destilada) y de fijativo K. Fixiermittel. En cada caso se rociaron con un intervalo de secado intermedio de un día.*

*Superficie 1: del 11.12.06 al 15.12.06 5 capas finas de pulverización sucesivas*

*Superficie 2: del 11.12.06 al 14.12.06 4 capas finas de pulverización sucesivas*

*Una fijación por día. (Tiempo de espera de 24 horas).*

*La cinta protectora entre ambas partes fue extraída.*

*Ambos patrones de color son muy estables, también en condiciones mojadas son resistentes a la fricción.*

***Helmut Elsner***<sup>150</sup>

---

<sup>150</sup> Elmut ELSNER. [Documento inédito, traducido del alemán sobre la Técnica A de Keim sobre dolomía]. Diedorf (Alemania): Keim Farben, 2006.

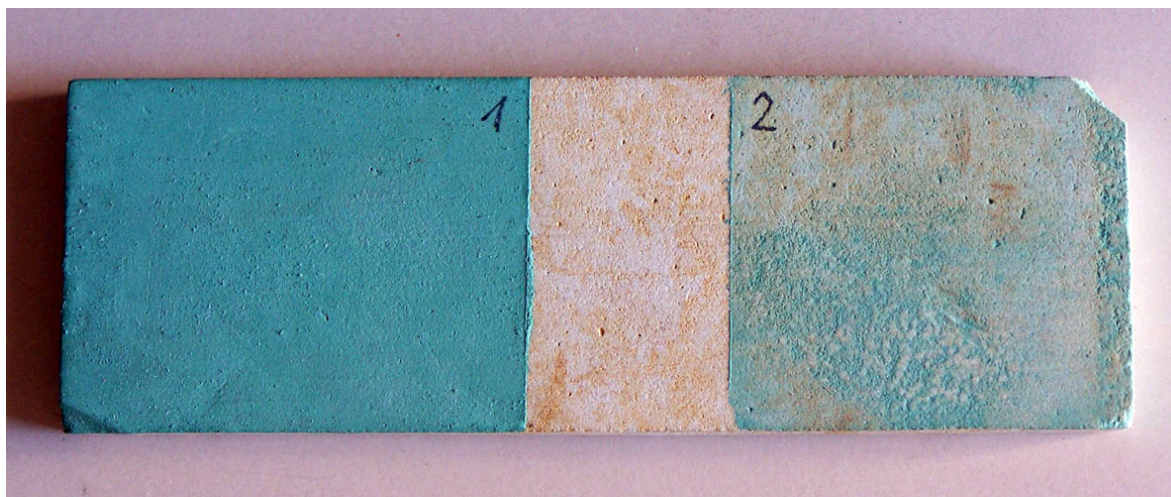


Fig. 97. Dolomía de Bernuy, muestra efectuada por Helmut Elsner (Director Técnico Keim Alemania)

Fig. 98. Detalle de veladura sobre dolomía pintada con la Técnica A de Keim, por Helmut Elsner, (Director Técnico de Keim Farben, Alemania)



D. Helmut Elsner señala que el efecto irregular obtenido en la veladura es debido a las diferencias de absorción y de composición heterogénea de la propia piedra (fig. 98). Se le preguntó si esto sería evitable por ejemplo, con la aplicación de una capa inicial de fijación previa o imprimación sobre la piedra, a lo que contesta que no, que ese tipo de acabado podría considerarse como parte del trabajo en veladura con la Técnica A sobre esta dolomía en concreto, comentando que es un efecto interesante y se puede aprovechar e investigar sus efectos decorativos.

Sobre todo en sus comentarios remarca que tanto la aplicación cubriente como en veladura de esta técnica pictórica sobre dolomía de Bernuy es perfecta, y que la resistencia de la Técnica A es mayor que la de Restauro Lasur. Posteriormente junto con Peter Mayer nos aproximamos a una pila con agua, Helmut moja la probeta de piedra pintada hacia mes y medio (fig. 97) y pide que frotemos la superficie mojada lo más fuerte que podamos, así lo hacemos, observando que no se desprende nada de color. Únicamente utilizando un objeto metálico y ejerciendo bastante presión Peter Mayer consigue que se desprenda algo de color, a lo que D. Helmut Elsner señala que ese tipo de agresión es excesiva en comparación con el



desgaste que ocasiona la lluvia, comprobación que resultó determinante e indicativo de la fuerte fijación del pigmento.

Se consultó además si era fundamental aplicar un hidrofugante a la superficie, a lo cual Peter Mayer contesta que la pintura es muy resistente y transpirable, pero que si lo que hay por debajo de ella, es decir en este caso la dolomía, no es igual de resistente se produce el deterioro inevitable del soporte. Por tanto recomienda el tratamiento posterior de la policromía sobre dolomía con un hidrofugante (ver 3.2 Hidrofugante de resina de silicona sobre dolomía).

### 2.1.7.5 Número de capas superpuestas

Otra consulta fue el número de capas de veladuras al silicato que se pueden superponer, y si un exceso podría causar la aparición de eflorescencias de sales, desprendimiento u otra consecuencia adversa sobre la superficie. Peter Mayer contesta *“en principio, se pueden aplicar capas de veladura superpuestas hasta que se lleguen a formar capas de espesor peligroso. No hay riesgo de que se formen sales dañinas. Aunque por cuestiones decorativas no tiene sentido aplicar más de 4 capas de veladura”*<sup>151</sup>. Explica además la posibilidad de trabajar húmedo sobre húmedo para realizar determinados efectos decorativos, de lo contrario es preciso esperar a que la capa inferior haya reaccionado lo suficiente como para que no se remueva en la siguiente aplicación (de 12 a 24 horas).

Para la Técnica A Helmut Elsner expone que *“no existe un límite concreto de fijados, con cuatro o cinco fijados suele ser suficiente. Si hubiera un exceso de fijativo o de aplicación se podrían producir ciertos brillos en algunas partes, pero siempre y cuando las capas se apliquen pulverizadas y muy finas es muy difícil que se produzcan”*. Peter Mayer explica que para evitar este caso sería imprescindible eliminar la cantidad de fijativo que no haya sido absorbido por el soporte al cabo de 2 minutos<sup>152</sup>.

Se consulta también si existe alguna forma de eliminar una capa de pintura al silicato fijada, para lo cual indican que tendríamos que tratar la superficie con ácido clorhídrico, solución no viable dada su extrema peligrosidad. La solución ecológica que les propongo sería lijar la superficie hasta la completa eliminación del color, a lo cual asienten. Este sería un proceso trabajoso pero la dolomía es una piedra que no ofrece especial resistencia al lijado, pudiéndose incluso aprovechar ciertos efectos que se pudieran lograr.

---

<sup>151</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Peter Mayer, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007

<sup>152</sup> Elmut ELSNER y Peter MAYER. [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Elmut Elsner, (Director Técnico de Keim-Farben Alemania) y Peter Mayer (Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica SL). Barcelona, Marzo 2007.

## ENSAYO Nº 18

## CAPAS SUPERPUESTAS

Este ensayo consiste en la aplicación de varias capas sucesivas de pintura al silicato, con un lijado suave de la superficie entre capas previo a la aplicación de color. El lijado se realiza sin llegar a eliminar la capa pictórica aplicada el día anterior.

Mediante este ensayo se ha logrado una apariencia realmente interesante (fig. 99). A simple vista las probetas no parecen pintadas al silicato, ya que parece que se hayan realizado con una técnica pictórica magra, e incluso la presencia de brillo satinado en algunas de las probetas es algo desconcertante ( fig. 100).

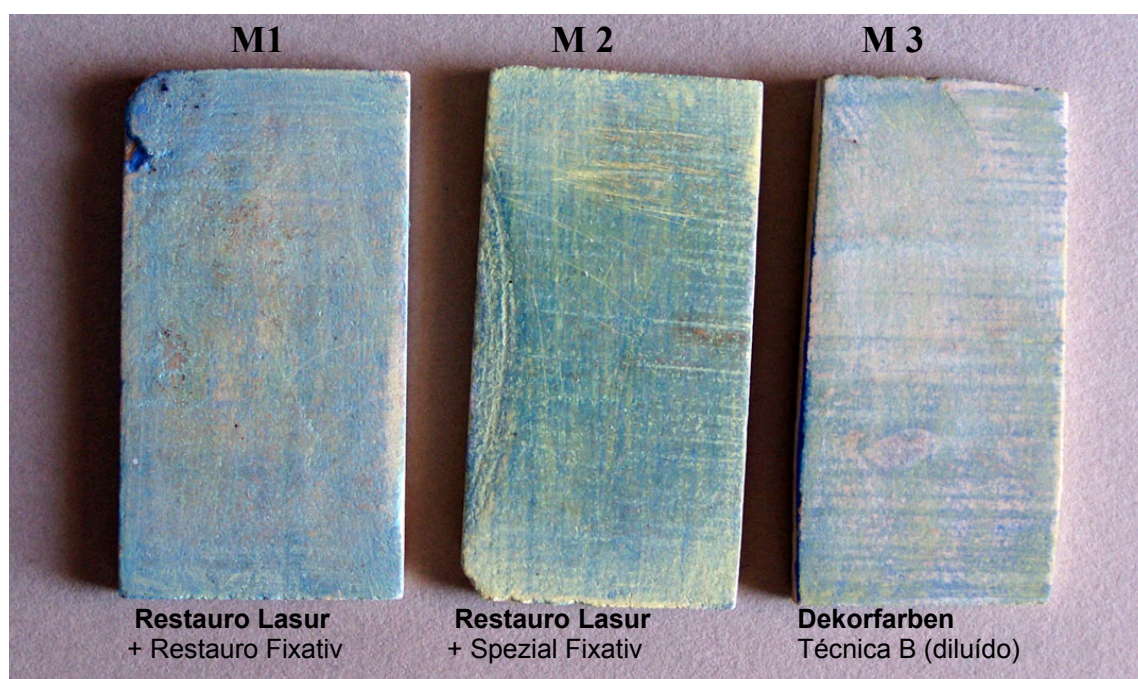


Fig. 99. Muestras de dolomía pintadas al silicato. Dos capas de veladura primero azul ultramar y después amarillo de Nápoles. Se han lijado sucesivamente, previa aplicación de la capa de color.

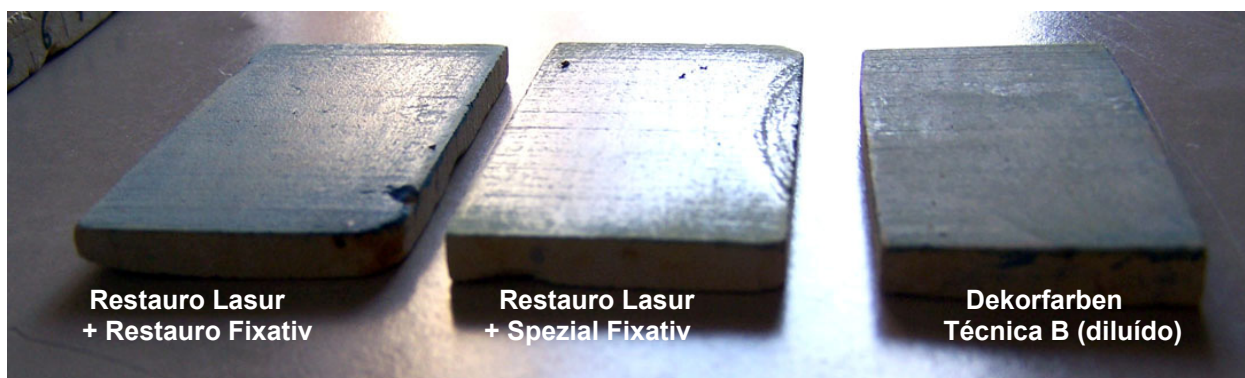


Fig. 100. Pruebas lijadas. Se observa la aparición de brillo en la probeta central, y algo menos en la izquierda.

Los resultados más interesantes se han logrado con la técnica Keim Restauro Lasur M1 y M2, diluidas con Restauro Fixativ y K. Spezial Fixativ respectivamente (fig. 99). Desde la primera o segunda capa comenzó a aparecer un aspecto satinado en la superficie de las probetas. En la prueba M3 el acabado final es mate y al lijar se elimina parte del pigmento, siendo algo más costoso en esta probeta lijar la superficie dada la presencia de silicato potásico.

En todas ellas se mantiene el tono de las capas superpuestas. El color final procede de la yuxtaposición de varios tonos aportados por los diferentes pigmentos aplicados.

Proceso de aplicación:

**PROBETA M1 y M2 - Restauro Lasur (diluido con K. Restauro Fixativ y K. Spezial Fixativ respectivamente)- fig 99**

**Tabla 23.** Proceso de aplicación con Restauro Lasur.

|                                       |           |             |                        |
|---------------------------------------|-----------|-------------|------------------------|
| 1ª Capa de imprimación (Diluyente)    | 29-8-2006 | 3:00h. 24°C | puro                   |
| 2ª Capa (9006Azul Ultramar. Keim)     | 30-8-2006 | 5:00h. 25°C | 3p.color x 7 diluyente |
| Lijado de la superficie               | 31-8-2006 |             | Lija del N° 6.         |
| 3ª Capa (9009 Azul Cobalto)           | 31-8-2006 | 4:00h 26°C  | 4p.color x 7 diluyente |
| Lijado de la superficie               | 1- 9-2006 |             | Lija N° 6.             |
| 4ª Capa (9001Amarillo níquel Titanio) | 1- 9-2006 | 11:00h 26°C | 4p.color x 7 diluyente |
| Lijado de la superficie               | 2-9-2006  |             | Lija N° 6.             |

**PROBETA M3 Dekorfarben (Diluido con Fixativ (1 : 1 en agua destilada)**

**Tabla 24.** Proceso de aplicación con la Técnica B.

|  |           |             |                        |
|--|-----------|-------------|------------------------|
| 1ª Capa (Fixativ 1:1)                  | 30-8-2006 | 3:00h. 25°C | diluido 1 :1 agua dest |
| 2ª Capa (540 Azul Ultramar oscuro)     | 31-8-2006 | 3:00h. 26°C | 3p.color x 7 diluyente |
| Lijado de la superficie                | 1- 9-2006 |             | Lija del N° 6.         |
| 3ª Capa (541 Verde Ultramar)           | 1- 9-2006 | 10:00h 26°C | 4p.color x 7 diluyente |
| Lijado de la superficie                | 2- 9-2006 |             | Lija N° 6.             |
| 4ª Capa (557 Amarillo Nápoles oscuro ) | 2- 9-2006 | 6:30h 27°C  | 4p.color x 7 diluyente |
| Lijado de la superficie                | 3-9-2006  |             | Lija N° 6.             |

La aplicación de color se realizó con pincel de cerda natural descargado de producto. Se observa que según se van superponiendo capas la porosidad de la superficie lijada disminuye, comparado fundamentalmente con las probetas no lijadas de ensayos anteriores (en las que si se produce cierta absorción de producto).

Los pigmentos utilizados en esta técnica al silicato son muy cubrientes y es fácil cubrir un color de la capa inferior con otro distinto mediante superposición de capas. Al lijar levemente la superficie aparece el color aplicado en la capa inferior, y el resultado final es un tono formado por la yuxtaposición de partículas de pigmentos de los dos colores aplicados. El brillo satinado aparece al lijar levemente la superficie, es preciso tener cuidado para no eliminar el color por completo.

#### 2.1.7.6 Petrificación y factores que intervienen

Referente al tiempo de reacción y comprobaciones los técnicos de Keim señalan que:

*“Al cabo de aproximadamente un día, el proceso de silicatización ha progresado lo suficiente para que no se vea afectada por la aplicación de la siguiente mano. Después de este tiempo, también podrá evaluarse la resistencia a la fricción en seco.*

*Al cabo aproximadamente 2 semanas el proceso de silicatización habrá concluido por completo. Después de este tiempo podrá comprobarse la resistencia a la fricción en húmedo”<sup>153</sup>.*

Estos son datos a tener en cuenta para realizar estas comprobaciones y sobre todo para determinar si es preciso realizar un fijado posterior de la pintura.

En cuanto a los factores que intervienen en la silicatización, los técnicos indican que:

*“la presencia de elevada humedad ambiental y suficiente aportación de anhídrido carbónico (ventilación de aire) favorecen el proceso de silicatización. Por ello sería ventajoso que los objetos decorados, p. ej. Figuras de piedra, se guarden por la noche en el exterior, en zonas protegidas de la lluvia. [...] la pintura ha de secar poco a poco, es decir que deben evitarse la incidencia de viento fuerte o la incidencia directa del Sol”<sup>154</sup>.*

Los factores ambientales influyen en la reacción química, por lo que se ha de procurar que se produzca de una forma lenta y natural, ya que podrían producirse daños micro-estructurales en la superficie pintada.

---

<sup>153</sup> Elmut ELSNER y Peter MAYER. [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Elmut Elsner, (Director Técnico de Keim-Farben Alemania) y Peter Mayer (Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica SL). Barcelona, Marzo 2007.

<sup>154</sup> Elmut ELSNER y Peter MAYER. [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Elmut Elsner, (Director Técnico de Keim-Farben Alemania) y Peter Mayer (Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica SL). Barcelona, Marzo 2007.

## 2.2 OTROS SILICATOS SOBRE DOLOMÍA

En este apartado se ha experimentado con productos genéricos al silicato potásico no específicos para su uso con pigmentos. Sin embargo es interesante considerarlos para poder comparar los resultados (resistencia, deterioro, fijación, uso, etc.) con los silicatos que se han experimentado hasta ahora, ya que los silicatos se fabrican con formulaciones o ratios adecuadas a la aplicación final del producto, ya sea como aglutinante, fijativo, adhesivo, defloculante, etc. (ver apartado 1.1.2 Vidrio soluble o silicatos solubles).

En primer lugar, el producto al silicato seleccionado es “*Sylitol Volltonfarben*” de Caparol, siendo una pintura previamente preparada y lista para su uso indicada para pintar sobre morteros y también sobre soportes de piedra natural.

En segundo lugar, para comprobar lo que ocurriría en el intento de preparar una pintura con silicato genérico o su uso como fijativo. Se ha seleccionado un silicato potásico y sódico genérico de la empresa Manuel Riesgo. También se van a utilizar pigmentos genéricos que no son específicos para su reacción con el silicato potásico, es decir, que no contienen cargas reactivas añadidas que facilitan la formación de silicatos e incluso de origen orgánico, no recomendados para esta técnica por su reacción con los álcalis.

### 2.2.1 PINTURA AL SILICATO LISTA AL USO (SYLITOL VOLLTONFARBEN)

#### ENSAYO Nº 19

#### Otros silicatos-Caparol

Producto: Pintura al silicato preparada y lista al uso Sylitol Volltonfarben de la empresa Caparol

Aplicación (Septiembre 2006): Directamente y sin diluir sobre dolomía en capa cubriente. Las probetas se pintan únicamente por una cara.

Colores: Verde (*Grün*), azul ultramarino (*Ultramarinblau*), amarillo (*Gelb*) y ocre (*Ocker*).

Diluyente: No se utiliza.

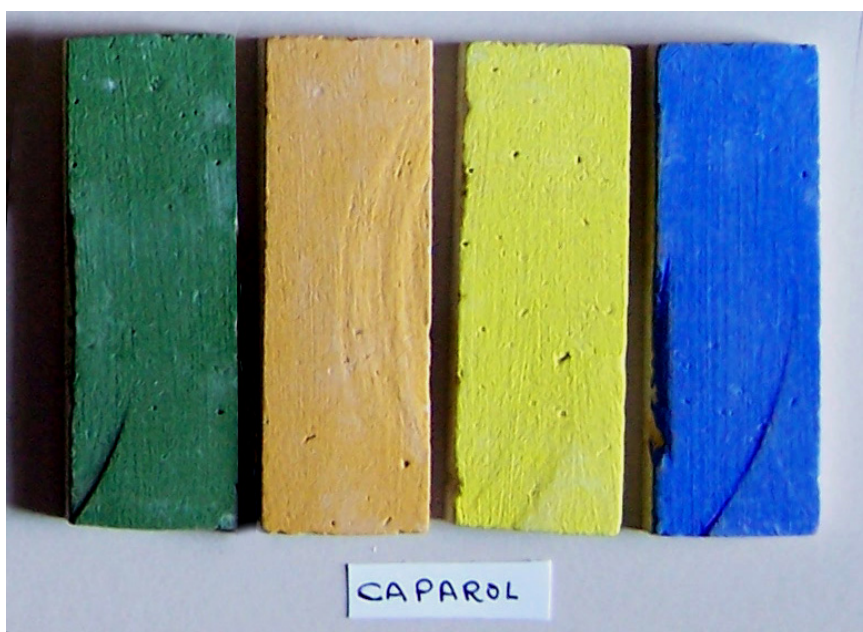




*Fig. 101. Colores comerciales al silicato aplicados sobre dolomía.*

La capa pictórica aplicada sobre dolomía con estos productos es muy resistente, no es fácilmente rayable y no mancha al tacto. Los colores son muy vivos y de tonos algo menos naturales que los aportados por las técnicas investigadas en apartados anteriores.

Seis meses después de la aplicación sobre dolomía, el 11 de Marzo 2007, se realiza una prueba de resistencia al agua por inmersión. Para esta comprobación se introducen las probetas en agua destilada durante 24 horas. Después se sacan las probetas comprobándose que la capa pintada al silicato es resistente al rayado con una pequeña espátula metálica.



Después se dejan secar las probetas a temperatura ambiente. En ellas se observa que se producen unos ligeros velos blanquecinos sobre la superficie de color de las probetas (fig. 102).

*Fig.102. Probetas pintadas al silicato marca Caparol sobre dolomía de Bernuy.*

Otra comprobación que se realiza es la exposición de la pieza a la llama de gas. Aunque al principio no se observa ningún cambio en la pintura, al cabo de 10 segundos de exposición continuada a la llama la probeta comienza a producir cierta cantidad de humo y un olor característico de pintura quemada (fig. 103) lo que revela que tienen un contenido orgánico. Mientras que al realizar el experimento con los productos Keim no se produce humo ni olor.

*Fig.103. Exposición a la llama de una de las probetas.*

La utilización de estos productos al silicato es muy sencilla, además al contener mayor cantidad de productos orgánicos la fijación sobre la superficie aplicada es muy efectiva. Otra ventaja es que no manchan al realizar la prueba de resistencia a la fricción en



húmedo. Los inconvenientes son: una gama de pigmentos muy limitada y de tonos “genéricos” (por ejemplo “amarillo” o “verde” etc, sin especificación del tipo de pigmento utilizado), no poder realizar correcciones una vez que ha secado y fijado la pintura, y por último que únicamente se puede adquirir en grandes cantidades (mínimo 2 L).

Como observación final presenta una adhesión muy buena, no sólo a la dolomía, sino que incluso se adhiere a superficies en las que una pintura pura al silicato no reacciona adecuadamente, por ejemplo alabastro y escayola fraguada, como se indicaba anteriormente esto únicamente puede ser debido a un contenido de componentes orgánicos mayor que en las otras pinturas al silicato.

### **2.2.2 PINTURA PASTADA. SILICATOS LÍQUIDOS (Manuel Riesgo).**

Se van a utilizar dos silicatos líquidos Silicato Potásico y Silicato Sódico de la empresa Manuel Riesgo. Éstos no han sido fabricados específicamente para su uso con pigmentos y fundamentalmente se eligen en este ensayo para comprobar lo que puede ocurrir si se utilizan productos genéricos para preparar una pintura al silicato.

Los pigmentos seleccionados son ocre, uno de ellos genérico y el otro específico para pintura al silicato de la empresa Keim.



**ENSAYO Nº 20****Silicatos: sódico y potásico****Productos:**

- Silicato sódico solución (Sodium silicate solution  $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$ ).
- Potasio silicato 34° Liq. 3.45 ( $\text{SiO}_2$ ) A( $\text{K}_2\text{O}$ ). ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Empresa productora: Productos Químicos Manuel Riesgo S.A.

**Pigmentos:** Ocre amarillo (Agroquímicas del Vallés) y 509 amarillo óxido (Keim).

**Aplicación** (Julio 2006): Sin diluir en la parte superior de la fotografía y diluidas en agua destilada al 50% en la parte inferior de la misma (fig. 105).



Fig. 104. Botes de silicato potásico y sódico.

Se preparó una pintura pastada utilizando una cantidad de silicato puro, añadiendo pigmento hasta formar una pasta cubriente y fluida. Aunque en un principio la mezcla tenía consistencia fluida, según aumenta el tiempo de amasado y trabajo con la pintura se observa que aumenta la densidad o viscosidad de la misma. Es decir que, desde el momento en que mezclamos el silicato (ya sea sódico como potásico) con el pigmento, el producto comienza a adquirir una cierta consistencia de gelificación, y la pintura comienza a formar una masa densa alrededor del pincel, lo que dificulta la distribución en capa fina del producto sobre la superficie.

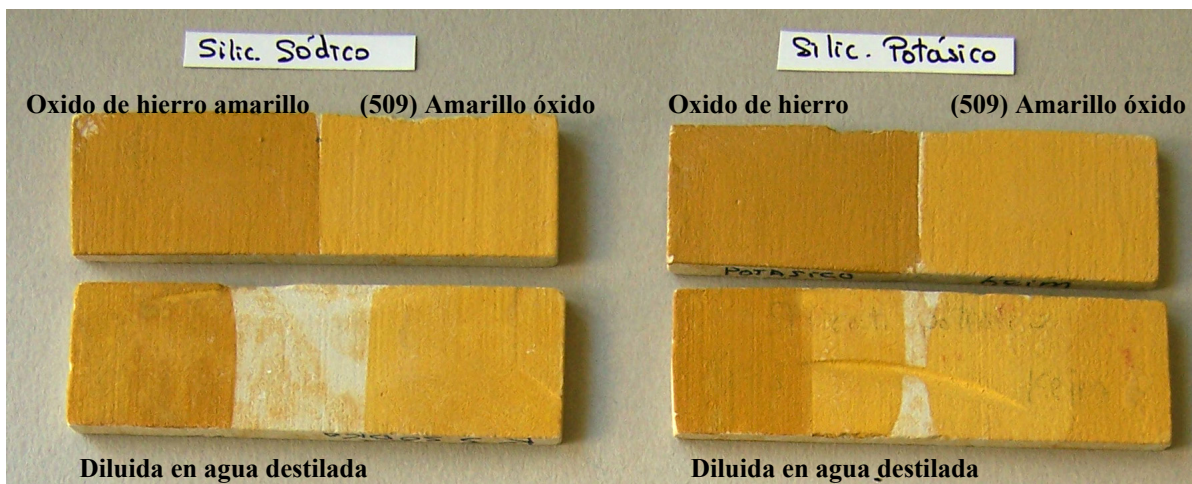


Fig. 105. Probetas de dolomía de Bernuy pintadas. Pigmentos empleados: Ocre amarillo (Agroquímicas del Vallés) y 509 amarillo óxido (Keim). En la parte inferior de la fotografía, probetas realizadas con pintura pastada diluida en agua destilada aproximadamente al 50%.

Con los silicatos potásico y sódico respectivamente, y mezclando la pintura pastada preparada como se indica anteriormente y diluida al 50% en agua destilada, se preparó una pintura muy fluida (fig. 105). Al aplicarlo sobre dolomía se obtiene un tono más claro que el conseguido en las capas cubrientes, con cierta transparencia de la base pétrea y con pequeñas zonas irregulares más claras que se acentúan después de sumergir y dejar secar a temperatura ambiente las probetas (esto se observa sobre todo en la veladura aplicada con silicato sódico).

La adhesión del pigmento es muy buena en ambos casos, es decir no se producen pérdidas de pigmento mediante ensayo a la fricción. No se observan diferencias significativas entre la utilización de Silicato Potásico y Silicato Sódico, únicamente que el silicato sódico es algo más viscoso que el potásico.

El silicato potásico genérico utilizado en este ensayo es más denso que cualquiera de los estudiados anteriormente de la empresa Keim.

### **2.2.3 FIJACIÓN POSTERIOR. SILICATO POTÁSICO.**

Después del ensayo anterior se elige el silicato Potásico de la marca (Riesgo) ya que es un líquido más fluido que el silicato sódico y porque en las veladuras no se ha producido modificación en el color después de su aplicación.

Dado el aumento rápido de la viscosidad del producto al prepararse en mezcla con el pigmento se opta por su experimentación siguiendo el proceso de fijado de la Técnica A, es decir, diluyéndolo con agua destilada en las mismas proporciones indicadas en dicha técnica (1 volumen de silicato x 3 volúmenes de agua destilada) y pulverizándolo a modo de fijador sobre la superficie pintada.

También se escogen dos tipos de pigmentos “tipo”, unos genéricos (Agroquímicas del Vallés) y otros especiales para artistas (Winsor & Newton) sin hacer ningún tipo de selección, ni siquiera evitando los pigmentos orgánicos, con el fin de observar los resultados.

### 2.2.3.1 Pigmentos Winsor & Newton.

Los productos utilizados son:

Pigmentos para artistas. Winsor & Newton (Artists' Pigment, dry ground)

- Indian Yellow (Tartrazine Lake). Amarillo Indio.
- Yellow Ochre (Natural Iron Oxide). Ocre Amarillo.
- Burnt Sienna (Calcined Natural Iron Oxide), Siena Tostada.
- Terre Vert (Natural Earth). Tierra Verde.
- French Ultramarine (Complex Aluminosilicate). Ultramar Frances.
- Prussian Blue (Alkali Ferriferrocyanide). Azul de Prusia.

Agua destilada: Utilizada para hidratar los pigmentos y para humedecer la superficie de las probetas.

Fijativo: Potasio silicato 34° Liq. 3.45 ( $\text{SiO}_2$ ) A( $\text{K}_2\text{O}$ ). ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Manuel Riesgo S.A.

## ENSAYO N° 21

## Otros silicatos (M. Riesgo), W&N



Fig. 106. Pigmentos Winsor & Newton, muestras de piedra y utensilios de pintura.



**26 de Octubre 2007.** Se humedece la superficie de las probetas de dolomía previamente a la aplicación del pigmento (Fot. 107). A continuación se mezcla cada uno de los pigmentos con agua destilada, pintando cada una de las probetas por separado (fig. 108). Las fijaciones o pulverización con silicato potásico se realizan sobre la superficie a fijar seca.



*Fig.107. Empleo de agua destilada para humedecer las probetas.*



*Fig.108. Pigmentos diluidos en agua destilada.*

La humectación previa del soporte facilita la distribución del color, de lo contrario la piedra absorbe rápidamente el agua de la mezcla. Los colores se extienden con pincel de cerda. La proporción añadida de agua para hidratar el pigmento varía según la opacidad del mismo, por lo que se mezclan con agua individualmente hasta crear una pasta de consistencia muy fluida pero cubriente.

Fijaciones: Pulverización uniforme sobre la superficie bien seca (ver tabla 25).



Fot.109. Fijativo preparado con silicato potásico diluido con agua destilada y pulverizador metálico por soplado.

Tabla 25. Aplicaciones.

| Fecha            | Nº fijaciones | Proporciones<br>Silicato potásico / agua destilada | Temperatura |
|------------------|---------------|--|-------------|
| 27-October- 07   | 1             | 1 : 2  | 21 °C       |
| 28-October- 07   | 2             | 1 : 2  | 21 °C       |
| 29-October- 07   | 3             | 1 : 2  | 22 °C       |
| 30-October- 07   | 4             | 1 : 2  | 22 °C       |
| 31-October- 07   | 5             | 1 : 2  | 21 °C       |
| 1-Noviembre- 07  | 6             | 1 : 2  | 21 °C       |
| 2- Noviembre- 07 | 7             | 1 : 2  | 22 °C       |

\* 10 Noviembre 2007 - Colocación de las probetas a la intemperie.



Fig.110 Probetas de Dolomía de Bernuy pintadas con silicato potásico (Riesgo) y pigmentos (W&N).





Fig. 111. Probetas de dolomía de Bernuy, con los diferentes colores utilizados. Estas piezas se realizan por duplicado, unas se guardan en un lugar oscuro y otras se colocan a la intemperie.

### 2.2.3.2 Pigmentos Agroquímicas del Vallés.

#### ENSAYO Nº 22                      Otros silicatos (Riesgo) Agroquímicas-Vallés

##### Pigmentos genéricos:

- Blanco de Titanio (inorgánico). Óxido de Titanio (Agroquímicas del Vallés)
- Amarillo medio (orgánico). Mezcla de Amarillo de Arilamida (Agroquímicas del Vallés)
- Óxido de Hierro Amarillo.
- Óxido Férrico.
- Óxido de Cromo (verde).
- Azul Ultramar Oscuro (inorgánico). Silicato de Alumina-sodio. (Agroquímicas del Vallés).
- Negro de Humo (inorgánico). Derivado N. Mineral y N. Petróleo. (Agroquímicas del Vallés).

Agua destilada. Utilizada para hidratar los pigmentos y para humedecer la superficie de las probetas.

Fijativo: Potasio silicato 34° Liq. 3.45 (SiO<sub>2</sub>) A(K<sub>2</sub>O). (H<sub>2</sub>O). Comercializado por: Productos Químicos Manuel Riesgo S.A.



Fig. 112. Probetas de referencia.

**Día 18 de Octubre de 2007.** Humectación previa de la piedra con agua destilada y aplicación de los respectivos pigmentos hidratados, como en el ensayo anterior.

Fijaciones: Pulverización uniforme sobre la superficie bien seca (Tabla 24).

**Tabla 26** Aplicaciones.

| Fecha          | Nº fijaciones | Proporciones<br>Silicato potásico / agua destilada | Temperatura |
|----------------|---------------|--|-------------|
| 20-October- 07 | 1             | 1 : 3  | 17 °C       |
| 21-October- 07 | 2             | 1 : 3  | 17 °C       |
| 22-October- 07 | 3             | 1 : 3  | 24 °C       |
| 23-October- 07 | 4             | 1 : 3  | 23 °C       |
| 24-October- 07 | 5             | 1 : 3  | 23°C        |
| 26-October- 07 | 6             | 1 : 3  | 20 °C       |

\* 10 Noviembre 2007. Las probetas de referencia se exponen a la intemperie.

Para la fijación del pigmento se eligió una proporción más diluida de fijativo 1:3. Se observa que prácticamente con el mismo número de fijaciones que en el ensayo anterior las probetas no manchan al tacto.

### OBSERVACIONES

La fijación de los pigmentos es muy buena, y ninguna de las probetas de referencia mancha al tacto.

No se observan cambios significativos de tono en ninguno de los pigmentos después de fijar el color con silicato potásico en las plaquetas de muestra, ni siquiera después de varios meses.

Las probetas quedan con la apariencia de una pintura al silicato. La superficie de las piezas con pigmentos de Agroquímicas del Vallés son muy suaves, mientras que la granulometría de los pigmentos de Winsor & Newton es mayor, presentando una superficie áspera al tacto, sobre todo en las probetas con pigmentos amarillos (Amarillo Indio y Ocre amarillo).

Las probetas se han realizado por duplicado, por lo que unas se van a someter a la prueba de resistencia a la intemperie (datos sobre el lugar de colocación de las probetas se indica en el apartado 2.1.6 Resistencia a la intemperie-Localización). Los resultados se muestran en el ensayo Nº 24 que se incluye a continuación.



### 2.2.3.3 Exposición de probetas a la intemperie.

#### ENSAYO Nº 23

#### INTEMPERIE

Probetas de referencia guardadas en interior, protegidas de la luz y de la humedad.



Fig. 113 Piezas de dolomía de referencia.

2 meses exposición intemperie, del 10 Noviembre 2007 al 26 Enero 2008.

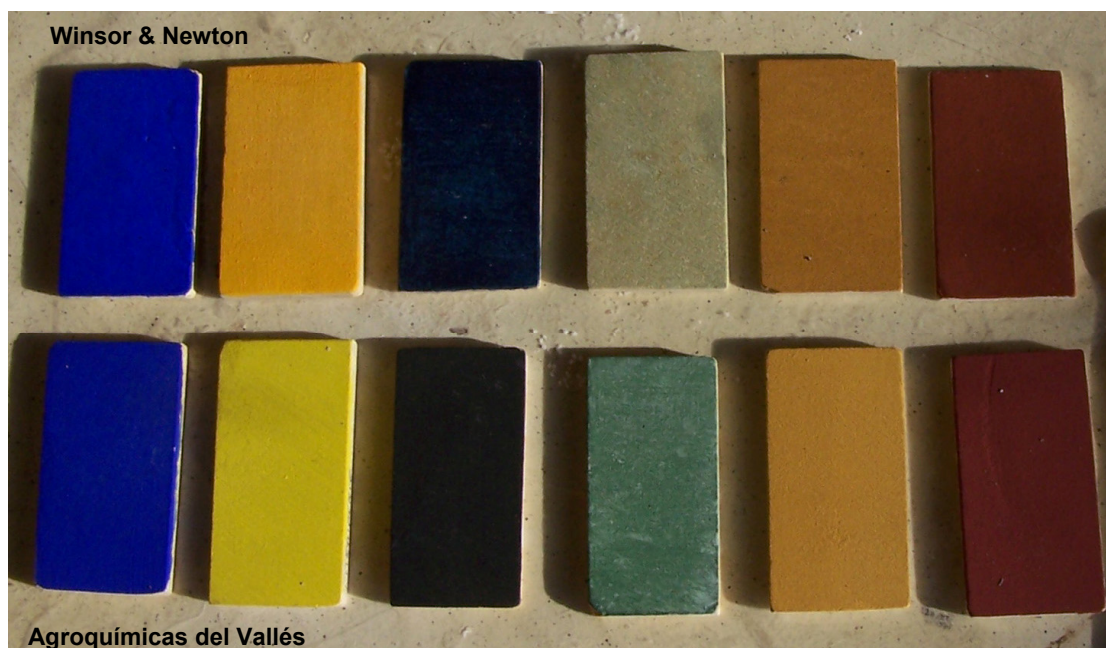


Fig. 114. Probetas después de dos meses de exposición a la intemperie.



3 meses de exposición a la intemperie, del 10 Noviembre 2007 al 24 de Febrero 2008

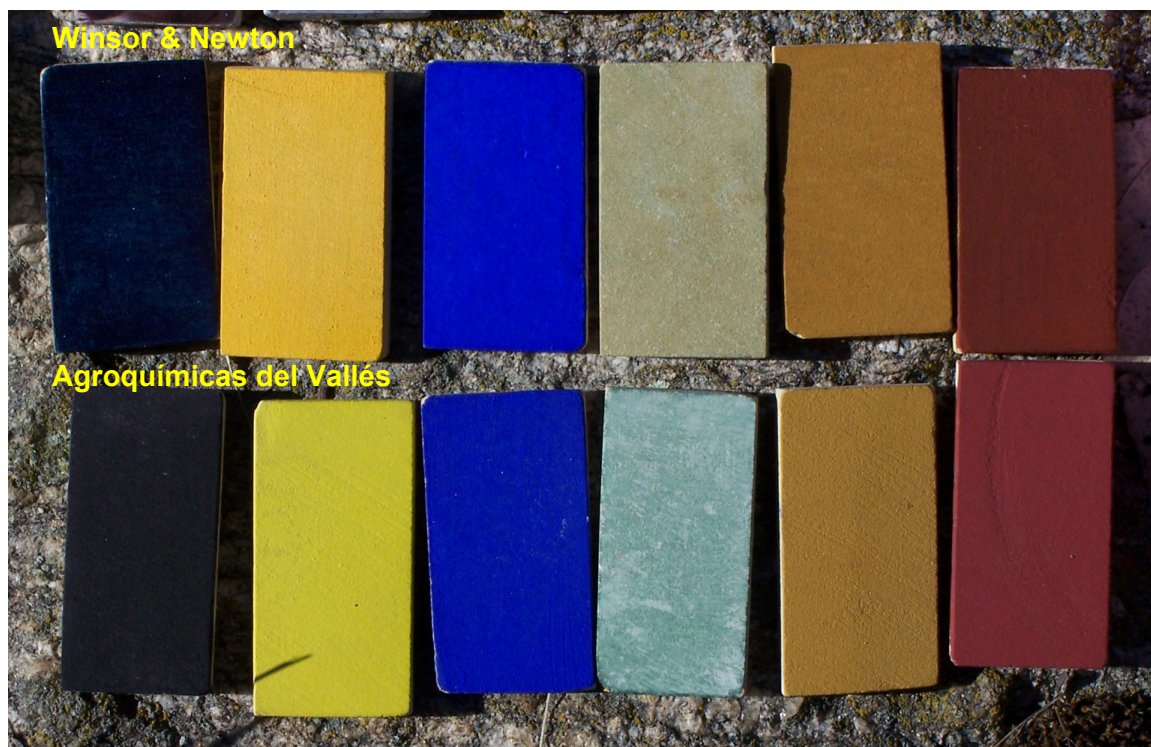


Fig. 115. Después de tres meses a la intemperie

6 meses de exposición a la intemperie, del 10 Noviembre 07 al 15 de Mayo 08.

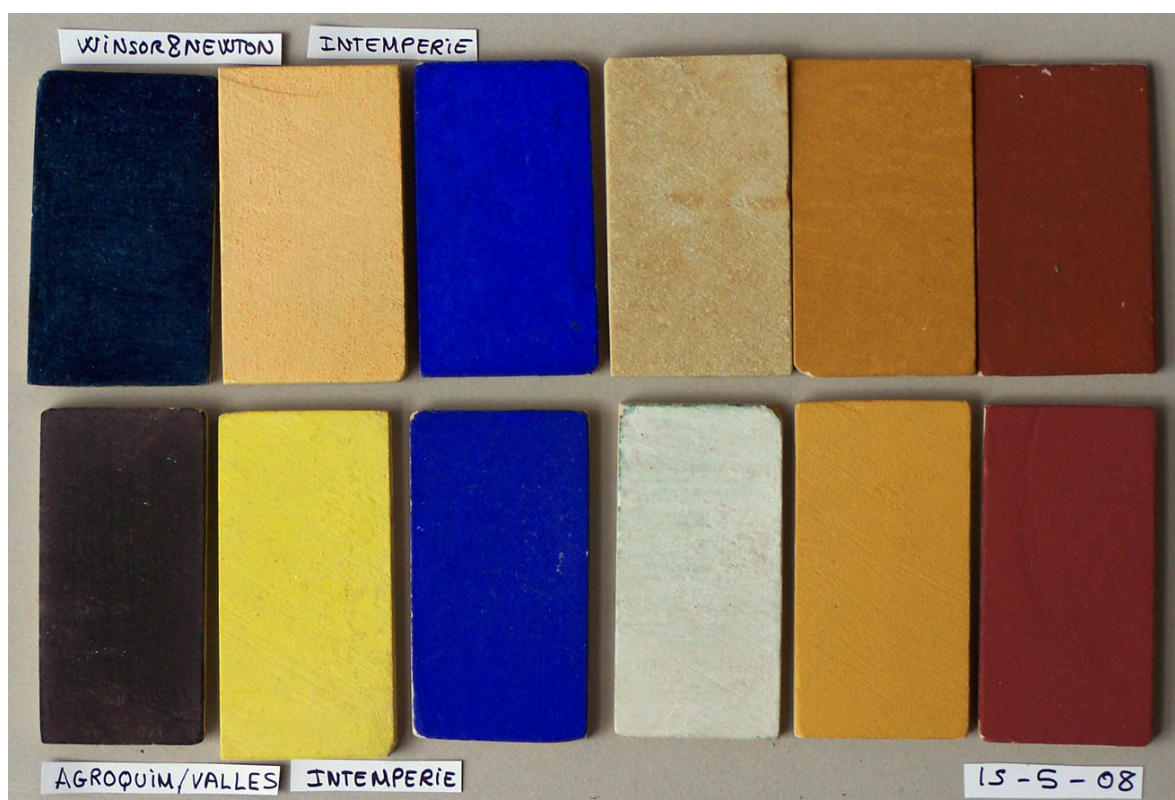


Fig. 116. Después de seis meses a la intemperie.



Comparativa de las probetas que han estado en el exterior con las piezas de referencia, después de seis meses de exposición a la intemperie.

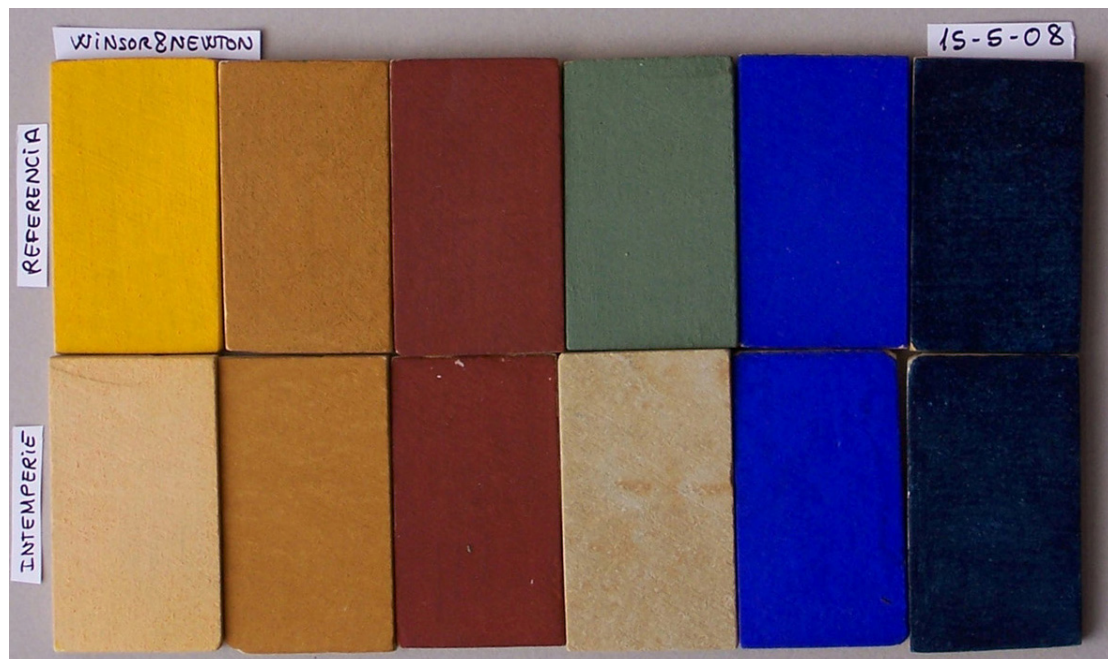


Fig. 117. Probetas con pigmentos Winsor & Newton.

Los únicos pigmentos que no sufren decoloración son el Ocre Amarillo, Siena Tostada, Azul Ultramar y el de Prusia (fig. 117).



Fig. 118. Probetas con pigmentos de Agroquímicas del Vallés. Fot. A. Sánchez Davía.

Los pigmentos que no muestran cambios son: Óxido de Hierro Amarillo, Óxido Férrico y Azul Ultramar Oscuro (fig. 118).



11 meses de exposición a la intemperie, del 10 Noviembre 2007 a Septiembre 2008.



Fig. 119. Probetas con pigmentos Winsor & Newton.



Fig. 120. Probetas con pigmentos de Agroquímicas del Vallés.

## **OBSERVACIONES**

En las probetas que se han utilizado los pigmentos Winsor & Newton se observa que los colores más resistentes a la intemperie son los tierras (Ocre amarillo y Siena tostada) así como el azul Ultramar y el de Prusia. Sin embargo el pigmento Tierra Verde ha desaparecido completamente de la superficie de la probeta después de casi un año de exposición a la intemperie, y el Amarillo Indio se ha decolorado de tal manera que presenta un color blanquecino (fig. 119).

Coincidiendo con los resultados anteriores, en las probetas que se han utilizado los pigmentos de Agroquímicas del Vallés, han sido más resistentes a la intemperie los colores Óxido de hierro Amarillo y Óxido Férrico, así como la de Azul Ultramar (inorgánico). La probeta pintada con negro de humo ha sufrido una importante decoloración de la superficie y presenta un ligero fallo de adhesión del pigmento, ya que mancha muy ligeramente al tacto. Lo mismo ocurre en la probeta correspondiente al Amarillo Medio (orgánico), que ha sufrido una importante decoloración de la superficie, presentando un tono amarillo pálido que mancha al tacto. La probeta de Óxido de Cromo se ha decolorado completamente y ha quedado con un tono completamente blanco (fig. 120).

Las probetas fijadas con silicato potásico no manchan al tacto (exceptuando las probetas expuestas a la intemperie anteriormente indicadas). Las probetas de referencia no manchan ninguna al tacto, presentando en general una fijación apropiada con las proporciones de silicato utilizadas en el ensayo.



## **2.3 ESCULTURA EN DOLOMÍA POLICROMADA AL SILICATO**

Este apartado incluye una de las conclusiones más importantes de esta tesis, que es demostrar la hipótesis, en este caso se aplican los resultados de la investigación en la realización de la policromía mediante la técnica al silicato, de una escultura propia realizada en dolomía exclusivamente para esta investigación .

Aunque este apartado parezca breve en relación con otros, es uno de los más importantes, ya que se constata la finalidad, procedimiento y uso de la técnica al silicato más adecuada para policromar una escultura de dolomía. Es importante especificar que para realizar este apartado ha sido preciso llevar a cabo los múltiples ensayos y probetas indicadas a lo largo de esta tesis, y que la policromía de la escultura se ha realizado prácticamente al finalizar la tesis, ya que hasta ese momento no se han tenido todos los datos necesarios sobre la técnica, procedimiento y resistencia, así como sobre los ensayos experimentales propuestos.

Se comenzó realizando una escultura propia en dolomía, (datos que se recogen en el Anexo II. Dolomía de Bernuy como soporte escultórico), compilándose información y datos sobre el procedimiento de trabajo de esta piedra en concreto. Esta escultura al presentar un modelo complejo se realizó mediante sacado de puntos, procedimiento que se recoge completamente en el apartado indicado anteriormente.

El tiempo real que se emplee en realizar una policromía con la técnica al silicato dependerá de la persona que lo realice, ya que en este caso particular se parte de una experiencia previa en el manejo de policromías así como en el de las técnicas pictóricas. Sin embargo, reseñar que para una persona que no ha trabajado previamente con estos materiales sería muy aconsejable realizar una prueba de colores y mezclas sobre una plaqueta de piedra, ya que la experiencia se consigue únicamente llevando el conocimiento de la teoría a la práctica y trabajando con el material con un propósito concreto.

## ENSAYO N° 24

## ESCULTURA POLICROMADA

Este es el modelo elegido para realizar la escultura por presentar importantes valores plásticos y ser muy adecuado para la policromía (fig. 121). Todo el proceso escultórico llevado a cabo para realizar esta pieza sobre dolomía se encuentra detallado en el Anexo II (Ver Anexo II.2.4 Proceso técnico de sacado de puntos. Escultura en dolomía).

Se ha seleccionado como modelo escultórico principalmente teniendo en cuenta que el color tuviera un papel fundamental en la pieza final, y que el binomio color y volumen formaran un conjunto armónico y expresivo en el significado conceptual de la pieza (para ampliar información ver Anexo I. en I.2 Color y volumen en la escultura).



Fig. 121. Fotografía tomada como modelo escultórico-cromático. Fotografía Magnum/ Zardoya/ Marco Polo/ A.G.E. FOTOSTOCK/FLASH PRESS.

La superficie de la escultura en dolomía se ha lijado para que el acabado se aproxime al presentado por el modelo de escayola, es decir, muy liso en la zona correspondiente a la piel y con cierta textura de gradina y escofina en las zonas de telas (fig. 122). La escultura acabada en piedra es análoga al modelo que se había modelado en barro y positivado en escayola, realizado partiendo de la fotografía de referencia.

Una vez acabada la escultura en piedra es preciso limpiar muy bien la dolomía para realizar la policromía, ya que con el lijado de la superficie se produce un polvo muy fino que queda incrustado en el poro de la piedra. La forma más efectiva para eliminarlo es con agua a presión y frotando con un cepillo de pelo corto, ya que el cepillado en seco produce un efecto de limpieza deficiente.

La policromía se ha realizado durante el mes de Septiembre – 2008, mediante sucesivas aplicaciones de pigmento y fijados mediante silicato potásico según se indica a continuación.

*Fig. 122. Escultura en dolomía acabada después del sacado de puntos manual. A. Sánchez Davía. Medidas 70 x 50 x 35 cm.*



*Fig. 123. Primera capa de color en la escultura. Se pueden observar las manchas de color óxido oscuro en la superficie de la piedra correspondiente a depósitos de mineral de hierro (parte inferior del brazo).*







Fig. 124. Primeras capas de color en veladura muy diluida de la escultura en dolomía.



Fig. 125. Primera capa de color en tono pardo tostado.

La técnica al silicato seleccionada para realizar la policromía es K. Künstlerfarben-Técnica A (los materiales y proceso de trabajo se encuentran detallados en 2.1.3 K. Künstlerfarben).

Para comenzar la policromía se humedece por completo la escultura pulverizando agua destilada.

Después se prepara un color pardo que se aplica a toda la zona correspondiente a lo que sería la piel de la figura, preparada con una mezcla de negro, rojo inglés y sombra natural (fig. 124 y 125).



También se comienzan a policromar los motivos decorativos de la tela con naranja y amarillo, y se colorean además los ojos y labios de la pieza para que comience a verse como un conjunto cromático (fig. 126).

Después de la primera capa de color en veladura se deja secar la pieza durante 5 horas y se aplica un fijado a toda la zona policromada pulverizando silicato potásico Fixiermittel diluido en agua destilada en proporción 1:3 (Fixiermittel/agua dest.).

Al día siguiente, se humedece la pieza de nuevo pulverizando agua, y se sigue trabajando con colores muy diluidos en agua para trabajar con veladuras de color. En las fotografías (fig. 126 y 127) se observa que aún son visibles los moteados de óxido de hierro característicos de esta dolomía en concreto, ya que no todas tienen un efecto tan marcado.



Fig. 126. Primera sesión de policromía de la escultura en dolomía.

Una vez fijada la capa anterior de color se aplica una segunda veladura de coloración a la piel y a las telas, incidiendo en los motivos geométricos de los estampados. Para la tela de la cabeza se procura que parezca una tela fina en la que se transparenta el estampado por superposición e incluso la piel oscura de la frente (detalle fig. 131), para ello se trabaja con colores muy diluidos, como se indicaba en las probetas de los ensayos, las proporciones pueden corresponder a 4:20 (pigmento/agua destilada).



Se deja secar la pieza 6 horas ya que la temperatura es cálida (26°C) y se aplica una capa pulverizada de fijación a toda la figura. La proporción tiene más silicato que la primera capa, en este caso es de 1:2 (Fixiermittel/agua destilada).

*Fig. 127. Segunda sesión de policromía de la escultura en dolomía.*



Después del fijado y de transcurrir 24 horas se aplica otra capa de veladura a la zona correspondiente a la piel (fig. 128). Recordar que siempre se comienza humedeciendo la pieza con agua pulverizada y que la capa de pigmento se había fijado previamente el día anterior. Trabajar con el soporte previamente humedecido facilita la distribución de los tonos, la fusión de los colores e incluso los degradados.

Para aplicar una capa cubriente es preciso que la capa inferior esté bien fijada o que corresponda a una capa de color muy diluido (de forma que no manche al tacto), ha de hacerse así para no mezclar los tonos de la capa previa con la que se quiere superponer.

Es importante indicar que una vez que se ha distribuido una capa uniforme (como en la zona de piel), no ha de humedecerse de nuevo la zona ni aplicar capas sucesivas, ya que las partículas de pigmento aún sin fijar al soporte, son arrastradas por el agua y se deteriora el trabajo realizado hasta el momento. De todas formas, para otros acabados de color esto es un dato interesante, sobre todo si se quieren imitar pátinas y crear ciertos efectos producidos al chorrear el agua ya sea limpia o con el color de la veladura deseada.



Fig. 128.  
Polícromía de la  
escultura en  
dolomía, la piel  
ha recibido un  
tono más  
oscuro.



Fig. 129 y 130. Tercera sesión de policromía de la escultura en dolomía, la piel ha recibido un tono más oscuro.

La conservación de los pigmentos y colores en la paleta es muy sencilla, ya que según se van secando únicamente es necesario añadirles o pulverizar agua destilada sobre ellos. Normalmente en húmedo los colores no suelen corresponder con los tonos ofrecidos cuando se secan, por lo que en algunos casos es preciso probar previamente el color en una zona poco visible y dejarlo secar (lo cual ocurre en pocos minutos). Hay que tener en cuenta que en general se obtienen tonos más claros y cubrientes que la mezcla húmeda.



Fig. 131. Detalle de la policromía que imita el estampado de la tela de la cabeza de la escultura.



A veces se introducen pigmentos en las mezclas que en húmedo apenas se aprecian, pero que cuando se secan son muy evidentes. Esto ocurrió por ejemplo en una mezcla realizada con negro, sombra natural y azul ultramar que se aplicó sobre lo que serían las pestañas. Cuando secó la mezcla de color en la escultura, el color azul ultramar quedó en superficie y era excesivamente evidente, lo cual no supone ningún problema ya que como los pigmentos están diluidos con agua se pueden eliminar fácilmente con un trapo humedecido, o si es una zona pequeña se puede optar por aplicar directamente encima otro tono más adecuado.

Después de cada una de las sesiones de trabajo se deja secar la pieza, cuando la temperatura es cálida con seis horas es suficiente. La policromía de esta sesión se concluyó con un fijado de silicato potásico en proporción 1:2 (Fixiermittel/agua destilada).



Fig. 132. Policromía de la escultura en dolomía. Fase previa al acabado de la pieza.





Fig. 133. Policromía de la escultura en dolomía. Parte posterior de la figura. Aún quedan por acabar las telas. (Derecha) detalle.

En las últimas sesiones de policromía únicamente se trabajaron pequeñas superficies. La tela de la cabeza se terminó añadiendo unos pequeños detalles lineales que se observan en la fotografía modelo. En la tela del cuerpo se refuerzan los tonos amarillos y naranjas del estampado. Los ojos, cejas y labios también se terminan de policromar en esta última sesión, observándose que se ha logrado una policromía muy satisfactoria, totalmente acorde con la idea inicial de color del modelo (fig. 134).

Se fija la capa pictórica transcurridas seis horas con la misma proporción que las fijaciones previas, y se pulveriza otra fijación al día siguiente. En total se han superpuesto cinco capas de fijativo y es suficiente para el fijado total de la pintura ya que no mancha al tacto.

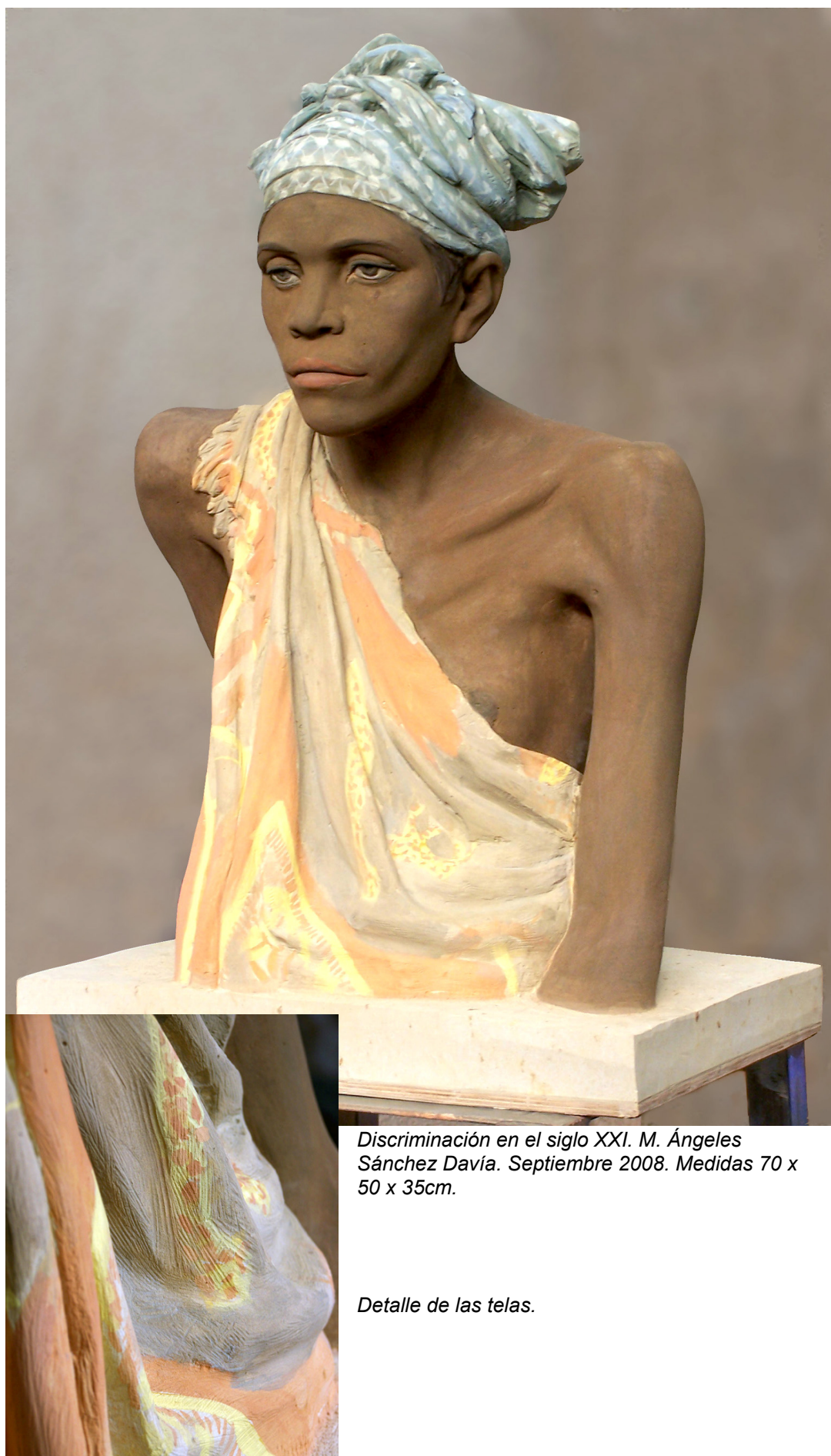






Fig. 134. Título: *Discriminación en el siglo XXI*. M. Ángeles Sánchez Davía. Septiembre 2008. Medidas: 70 x 50 x 35cm.





*Discriminación en el siglo XXI. M. Ángeles Sánchez Davía. Septiembre 2008. Medidas 70 x 50 x 35cm.*

*Detalle de las telas.*



## CAPITULO

## II

# TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y SILICATO

*Hidrofugación*

*Cambio del índice de refracción del silicato*

*Transferencia de imágenes digitales a dolomía*

*Adhesión de lámina metálica con silicato*

### 3. HIDROFUGACIÓN

Como se mostró a lo largo del Capítulo I la técnica al silicato más adecuada para la policromía artística sobre dolomía es Keim-Künstlerfarben-Técnica A (Ver apartado 2.1.3 K. Künstlerfarben). Peter Mayer comentó que la Técnica A es muy resistente y duradera, pero que no tenemos nada que hacer si lo que está por debajo de la capa pictórica, es decir la piedra, se deteriora <sup>155</sup> (ver Anexo II. En apartado II.1.3 Deterioro natural de la piedra). La humedad favorece el proceso de dilución de sales del soporte y su deterioro micro-estructural, para evitar esto es conveniente aplicar una hidrofugación a la superficie pétreo, esté policromada o no. Peter Mayer explica que el empleo de hidrofugantes no produce efectos secundarios sobre el soporte pétreo siempre que el producto y la aplicación sean adecuados. Por tanto en este primer apartado se estudiará la protección, mediante el uso de un producto hidrofugante concreto, la protección de la escultura policromada al silicato en dolomía, y servirá de acercamiento al vasto e interesante mundo de las resinas de silicona empleadas como hidrofugantes.

**Silicona** <sup>156</sup>: Al hablar de “siliconas” los productos más conocidos son las gomas de silicona, siendo aquellos más o menos viscosos que mediante curado se utilizan, por ejemplo, para sellar juntas y hacer moldes. También son populares los fluidos de silicona muy utilizados como lubricantes y desmoldeantes. Por el contrario las resinas de silicona son poco conocidas, no obstante tenemos contacto frecuente con ellas, ya que son profusamente utilizadas como hidrofugantes por impregnación de muchos materiales (papel, textiles, cuero, materiales de construcción, etc), y también usadas como aditivos en la fabricación de pinturas.

La estructura genérica de las “siliconas” esta basada en el Silicio (Si), junto con constituyentes de Oxígeno (O) y Carbono (C), cuyas uniones de carácter inorgánico son particularmente estables. <sup>157</sup>

---

<sup>155</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Peter Mayer, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007.

<sup>156</sup> **Silicona**. “f. Quím. Polímero sintético compuesto básicamente por cadenas principales de silicio y oxígeno, alternadas con radicales orgánicos unidos al silicio. Se caracteriza por su elevada resistencia térmica, baja adhesividad y carácter hidrófobo. Dependiendo del grado de polimerización y entrecruzamiento, resultan productos de estructura y peso molecular muy variados. Las siliconas más sencillas son aceites y grasas que se emplean como lubricantes; las más complejas, de naturaleza sólida, se emplean como aislantes eléctricos y en recubrimientos” *Gran Enciclopedia Universal*. Vol. 16. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p. 10741.

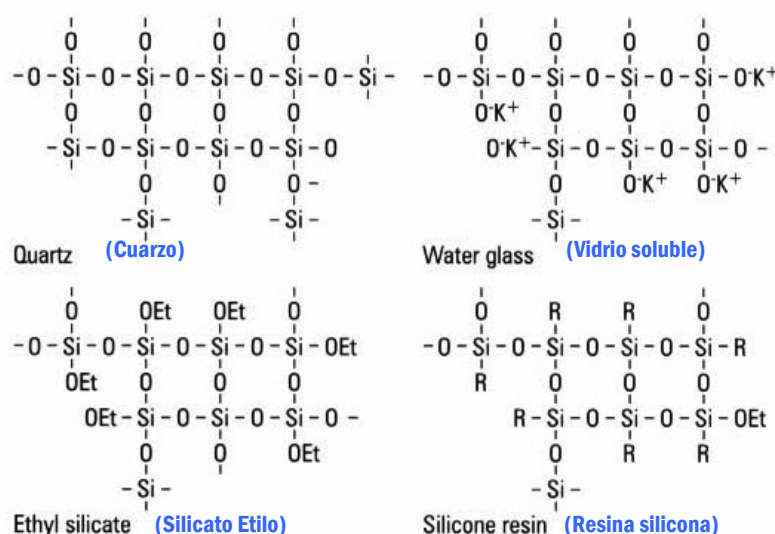
<sup>157</sup> MAYER, Hans. “The chemistry and properties of silicone resins: network formers (in paints and renders)” [version electrónica] Article en *Pigment & Resin Technology*, Volume. 27, Issue 6, Burghausen (Germany): Publisher MCB University Press Ltd, 1998. p. 365. [http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/21.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/21.pdf) [Consulta: Julio 2008]

### 3.1 RESINA DE SILICONA

Hans Mayer indica que tanto las resinas de silicona como el cuarzo, vidrio soluble y silicato de etilo, forman estructuras tridimensionales de uniones cruzadas. Siendo el cuarzo, vidrio soluble y silicato de etilo de unidad Q *cuatrfuncional*, es decir que tienen cuatro átomos reactivos de oxígeno; mientras que las resinas de silicona son T *trifuncionales*, con tres átomos de oxígeno.<sup>158</sup> La traducción de la cita que se incluye a continuación aclara esta premisa sobre los enlaces químicos característicos de cada uno de los productos mencionados, que aunque para el escultor y artista resultan ciertamente ajenos es realmente interesante conocer las posibilidades y combinaciones químicas que se originan a partir del silicio.

*”La figura 3 muestra éstas en gran detalle para ilustrar más claramente su similitud estructural. Se puede ver que la estructura de las resinas de silicona es esencialmente una estructura de cuarzo permanentemente modificada por la adición de grupos orgánicos hidrofóbicos.*

**Figure 3** Three-dimensional cross linked structures composed of Q units (quartz, water glass and ethyl silicate) and T units (silicone resin)



*Figura 3 Estructuras con uniones cruzadas tridimensionales compuestas por unidades Q (cuarzo, vidrio soluble y silicato de etilo), y unidades T (resina de silicona).*

*Para ambos, el vidrio soluble [modificado con una sal de potasio (Si-O-K<sup>+</sup>)] y el silicato de etilo [modificado con etanol (Si-OEt)] esta modificación de la estructura del cuarzo es reversible. A diferencia de las resinas de silicona, ambos de estos materiales vuelven a formar dióxido de silicio puro por la eliminación de los componentes modificadores en la reacción de silicificación: el vidrio soluble libera carbonato potasio por la reacción con el*

<sup>158</sup> MAYER, Hans. “The chemistry and properties of silicone resins: network formers (in paints and renders)” [version electrónica] Article en *Pigment & Resin Technology*, Volume. 27, Issue 6, Burghausen (Germany): Publisher MCB University Press Ltd, 1998. pp. 365-366. [http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/21.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/21.pdf) [Consulta: Julio 2008]

dióxido de carbono atmosférico y el silicato de etilo libera etanol por la reacción con el agua.

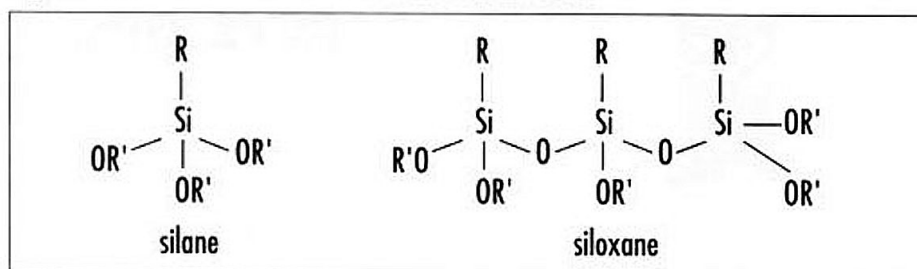
[...]

Las resinas de silicona tienen un alto peso molecular, componentes con uniones cruzadas tridimensionales, cuyo armazón estructural está compuesto, como el cuarzo, de silicio y oxígeno. A diferencia del cuarzo, sin embargo, cada cuarto grupo de oxígeno de la resina de silicona es reemplazado por un grupo orgánico R. De este modo, la estructura de las resinas de silicona puede ser descrita como una estructura de cuarzo modificada orgánicamente [...] <sup>159</sup>.

En el capítulo I dedicado a los silicatos se incidía en su origen puramente inorgánico también relacionado con el cuarzo, a diferencia de los silicatos en cuanto a composición química y reticulación, las resinas de silicona se caracterizan por su carácter híbrido, al ser compuestos de naturaleza orgánica e inorgánica.

Entre los compuestos del silicio repelentes hidrófobos que se aplican sobre muros y según sus cadenas de reticulación están: los silanos (monómeros), siloxanos (oligómeros), resinas de silicona (polímeros) y siliconatos, formando una red de resina de silicona sobre las superficies minerales.<sup>160</sup> Los siloxanos tienen un buen poder de penetración en las superficies dado el tipo de solventes que precisan “Oligómeros [...] Pueden encontrarse disueltos en numerosos tipos de solventes: white spirit, alcoholes, disolventes aromáticos, etc.”<sup>161</sup>

Figure 4: Chemical structures of silanes and siloxanes



Esquema 4.  
Estructura química  
de silanos y  
siloxanos<sup>162</sup>

<sup>159</sup> MAYER, Hans. “The chemistry and properties of silicone resins: network formers (in paints and renders)” [version electrónica] Article en *Pigment & Resin Technology*, Volume. 27, Issue 6, Burghausen (Germany): Publisher MCB University Press Ltd, 1998. p. 366. [http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/21.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/21.pdf) [Consulta: Julio 2008]

<sup>160</sup> MAYER, Hans. “The chemistry and properties of silicone resins: network formers (in paints and renders)” [version electrónica] Article en *Pigment & Resin Technology*, Volume. 27, Issue 6, Burghausen (Germany): Publisher MCB University Press Ltd, 1998. p. 373. [http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/21.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/21.pdf) [Consulta: Julio 2008]

<sup>161</sup> ALCALDE MORENO, Manuel.; et al.; *Diagnosis y tratamiento de la piedra: I La alteración de la piedra en los monumentos. II Consolidantes e hidrófugos, productos para el tratamiento de materiales pétreos.* n. 400. Madrid: ICCET-CSIC (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja- Consejo Superior de Investigaciones Científicas), 1990. p. 63.

<sup>162</sup> MAYER, Hans. “Masonry Protection with Silanes, Siloxanes and Silicone Resins”. En *Surface Coatings International*. München (Germany): Wacker-Chemie GmbH, 1998. p. 90 [www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/26.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/26.pdf) [Consulta: Julio 2008]



*“Los siloxanos con un bajo grado de condensación tienen propiedades similares a los silanos monoméricos y son denominados siloxanos oligoméricos. Los siloxanos que tienen más alta condensación, todavía aún solubles en solventes orgánicos, son las resinas de silicona. El responsable de la repelencia al agua y de la permeabilidad al vapor es el polysiloxano formado finalmente de silano y siloxano. Su resistencia a los álcalis depende de su contenido en la cadenas largas de constituyentes orgánicos. Más formulaciones han sido concebidas para mezclas de silano/siloxano que para ningún otro repelente de agua. Para el uso en superficies no porosas como el hormigón, las formulaciones son ricas en silanos mientras, para superficies altamente absorbentes, como la piedra natural, son ricas en siloxano. La adición de una resina sintética hace que sean repelentes al aceite. Normalmente son diluidas en solventes orgánicos para el uso como hidrófobos, repelentes de aceite y agentes químicos impermeabilizantes, pero también se puede disponer de ellos como productos al agua.”<sup>163</sup>*

Por lo que es importante que el hidrofugante a aplicar sobre piedra dolomía sea fundamentalmente de siloxanos. En general los silanos y siloxanos cuando se aplican sobre el soporte reaccionan con las partículas minerales del mismo, *“entran en reacciones de “policondensación” sobre sustratos inorgánicos para producir una red tridimensional que llena poros y capilares. La reacción es catalizada por la humedad y libera el alcohol que lo unía como subproducto.”*<sup>164</sup> La resina de silicona adquiere plenas propiedades una vez que ha reaccionado químicamente formando la red tridimensional hidrofóbica (policondensación). Esta red de resina de silicona se forma en la superficie del soporte y en el interior de los poros del mismo quedando químicamente unida; su bajo peso molecular y los solventes propician la penetración en el interior de la superficie sobre la que se aplican. El soporte adquiere, en toda la superficie donde ha penetrado el producto, las propiedades que aporta la resina de silicona: *“-repelencia al agua. -permeabilidad al vapor de agua. - durabilidad.”*<sup>165</sup>

Las palabras de Hans Mayer aportan información imprescindible sobre la reorientación de los componentes de la resina de silicona aplicada sobre una superficie inorgánica (polar) en la que los componentes inorgánicos (Si, O) de la resina se enlazan al mineral, mientras que los grupos no polares orgánicos hidrofóbicos (R) se enlazan lo más alejados del sustrato.

<sup>163</sup> MAYER, Hans. “Masonry Protection with Silanes, Siloxanes and Silicone Resins”. [version electrónica] En *Surface Coatings International*. München (Germany): Wacker-Chemie GmbH, 1998. p. 90 [www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/26.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/26.pdf) [Consulta: Julio 2008]

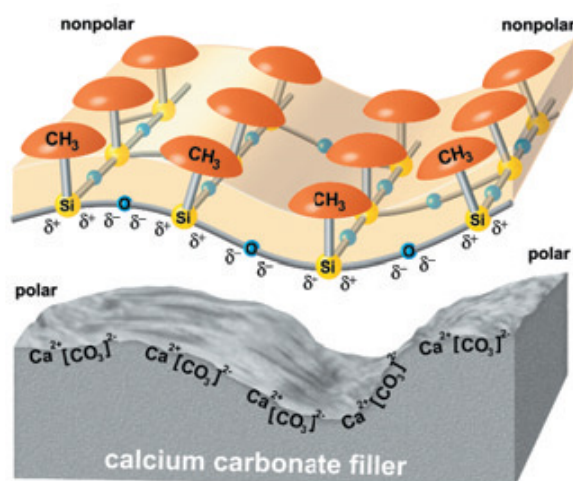
<sup>164</sup> MAYER, Hans. “Masonry Protection with Silanes, Siloxanes and Silicone Resins” [version electrónica]. En *Surface Coatings International*. München (Germany): Wacker-Chemie GmbH, 1998. p. 90 [www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/26.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/26.pdf) [Consulta: Julio 2008]

<sup>165</sup> MAYER, Hans. “The chemistry and properties of silicone resins: network formers (in paints and renders)” [version electrónica] Article en *Pigment & Resin Technology*, Volume. 27, Issue 6, Burghausen (Germany): Publisher MCB University Press Ltd, 1998. p. 367. [http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/21.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/21.pdf) [Consulta: Julio 2008]

“El producto más simple contiene una única unidad T (Trifuncional), y es rápidamente volátil, “monomericalkyltrialkoxysilane”. Él contiene un grupo orgánico (R) y tres grupos de alcohol unidos por medio de sus átomos de oxígeno. Cuando de 3 a 6 unidades tridimensionales de este silano monomérico se condensan en la presencia de agua, liberando de este modo alcohol, el resultado es un oligómero de cadena relativamente corta, el cual es también llamado un siloxano (contiene la unión Si-O-Si). Mayor condensación por ultimo produce un alto polímero de resina de silicona.

[...]

Hay evidencia para sugerir que las siliconas sobre las superficies de los materiales de construcción minerales se alinean a sí mismas en los poros y paredes de los capilares.[...] Mientras que la inorgánica estructura polar del siloxano (Si-O-Si) de la resina de silicona es atraída por la polar del sustrato mineral, los grupos no polares de CH<sub>3</sub> son repelidos de ella (Figura 1).”<sup>166</sup>



“Figura 1: Esquema simplificado de la relación efecto-estructura entre la resina de silicona y el sustrato mineral como el demostrado por el carbonato cálcico.”<sup>167</sup>

Las resinas de silicona son productos con excelentes propiedades cuya fabricación es bastante reciente, aproximadamente llevan en producción comercial unos 40 años. Su formulación y perfeccionamiento avanza constantemente, dado que no todo han sido éxitos en el uso de unos productos ya que no se sabía muy bien cómo reaccionarían a lo largo de los años.

“Resinas puras de silicona disueltas en solventes orgánicos fueron usadas en 1980 para la impregnación de mamposterías exteriores y tratamientos secundarios asociados. Su ventaja fue que una vez que el solvente se había evaporado, el secado físico de la resina de silicona sola fue suficiente para conferir completa repelencia al

<sup>166</sup> LORK, Anette; Hans MAYER; Ingeborg KÖNIG-LUMER. “Silicone Resin Networks: the structure determines the effect”. [versión electrónica] Reprint of an article from European Coatings Journal 04/03. Issue 4. Germany: Wacker Silicones. año 2003. p. 3. [http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/45.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/45.pdf) [Consulta: Julio 2008 ]

<sup>167</sup> LORK, Anette; Hans MAYER; Ingeborg KÖNIG-LUMER. “Silicone Resin Networks: the structure determines the effect”. [versión electrónica] Reprint of an article from European Coatings Journal 04/03. Issue 4. Germany: Wacker Silicones. año 2003. p. 2. [http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/45.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/45.pdf) [Consulta: Julio 2008 ]

*agua. Sin embargo, las resinas de silicona tendían a concentrarse en la superficie, cambiando su apariencia, por esta razón, soluciones de mezcla de silanos, siloxanos y resinas de silicona son normalmente preferidos para la impregnación de la mampostería exterior.”<sup>168</sup>*

La superficie alcalina aportada a la dolomía por la policromía al silicato no es un problema para estos hidrofugantes si se tiene en cuenta que” *El entramado de resina de silicona puede ser también resistente a los álcalis si la proporción de cadenas largas de los grupos con caras orgánicas es lo suficientemente alto.”<sup>169</sup>*

Las principales propiedades que aporta al sustrato la resina de silicona son:

- Carácter hidrofóbico: Excelente repelencia del agua al tener en su composición grupos orgánicos con propiedades repelentes del agua.
- Permeabilidad: En el entramado de resina de silicona los grupos hidrofóbicos repelen el agua pero permiten el paso del dióxido de carbono y del vapor de agua. El producto rellena poros y capilares pero no los obtura quedando depositado en las paredes.
- Durabilidad: Sus componentes inorgánicos hacen que sea especialmente resistente a la intemperie y a la lluvia ácida. Al penetrar en los poros es también resistente a los rayos UV de la luz del sol.
- Aspecto limpio: Se adhiere poca suciedad y son de fácil limpieza. Al repeler el agua permiten que el soporte permanezca seco, elemento imprescindible para evitar el ataque fúngico o de algas.

Para finalizar indicar que una vez aplicada la resina de silicona el tratamiento no admite reversibilidad o completa eliminación del producto “*No es posible eliminar la resina de silicona de un sustrato mineral con un solvente. [.....] La irreversibilidad de la unión indica ambos, la fuerte adhesión al sustrato que tiene su origen en fuertes interacciones polares con el sustrato mineral (Vander Waals forces) y la unión química (unión Si-O-Si)*”<sup>170</sup>

---

<sup>168</sup> MAYER, Hans. “The chemistry and properties of silicone resins: network formers (in paints and renders)” [version electrónica] Article en *Pigment & Resin Technology*, Volume. 27, Issue 6, Burghausen (Germany): Publisher MCB University Press Ltd, 1998. pp. 368-369. [http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/21.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/21.pdf) [Consulta: Julio 2008]

<sup>169</sup> MAYER, Hans. “The chemistry and properties of silicone resins: network formers (in paints and renders)” [version electrónica] Article en *Pigment & Resin Technology*, Volume. 27, Issue 6, Burghausen (Germany): Publisher MCB University Press Ltd, 1998. pp. 369-370. [http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/21.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/21.pdf) [Consulta: Julio 2008]

<sup>170</sup> LORK, Anette; Hans MAYER; Ingeborg KÖNIG-LUMER. “Silicone Resin Networks: the structure determines the effect”. [version electrónica] Reprint of an article from *European Coatings Journal* 04/03. Issue 4. Germany: Wacker Silicones. año 2003. p. 5. [http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/45.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/45.pdf) [Consulta: Julio 2008]

## 3.2 HIDROFUGANTE DE RESINA DE SILICONA SOBRE DOLOMÍA

Los productos que se emplean actualmente para la hidrofugación de piedra natural son incoloros. En el mercado existe una amplia variedad de productos y formulaciones de resinas de silicona indicados para ser aplicados sobre soportes específicos. Siempre conviene hacer una comprobación previa sobre el soporte a hidrofugar, principalmente por el carácter irreversible del tratamiento y porque algunos hidrofugantes cambian el tono de la piedra, o no son apropiados para el material que se va a tratar.

Dada la porosidad del tipo de dolomía que estamos investigando y la policromía al silicato, Peter Mayer nos recomienda un producto compuesto de siloxanos con el nombre comercial “Lotexan N” (Ver ficha técnica y de seguridad, Anexo V.1 Fichas técnicas). También comentó que una vez aplicado el hidrofugante a la piedra se estima que tiene una duración de aproximadamente 20 años, por lo que en ese tiempo no sería necesario repetir ningún tipo de tratamiento. Cuando ha transcurrido ese periodo habría que realizar análisis para valorar en que grado la superficie ha perdido hidrofugación, es decir, si se ha eliminado el componente hidrofugante del interior de los poros<sup>171</sup>. Esta comprobación se realiza mediante el acoplamiento de unas probetas graduadas con agua, midiendo en obra la absorción de la superficie en estudio.

### 3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE APLICACIÓN

En el mercado se pueden encontrar diversos productos hidrofugantes. Si nos referimos a ellos como “resinas de silicona” y nos encontramos en un comercio poco especializado lo normal es que no sepan que tipo de producto es. Esto ocurre porque muchos fabricantes que utilizan resinas de silicona, o las incorporan como aditivos en la formulación de sus productos, no las mencionan en su composición; mientras que comercialmente el fabricante destaca la cualidad hidrófoba y/o transpirable del producto, que en algunos casos, es de dudosa credibilidad. Entre estos productos se podrían clasificar numerosas pinturas para fachadas e interiores en base acrílica, así como protectores de madera y piedra resistentes a la intemperie; entre las marcas más conocidas, por ejemplo citar Valentine, Rember, Titán o Bruguer entre otras. Además los productos alemanes proporcionan fichas técnicas muy fiables y completas, al contrario de las que se realizan en España que son meramente publicitarias.

Peter Mayer indica que la mayoría de las pinturas crean una capa superficial de producto, y que básicamente hay dos tipos de pintura: una muy hidrófuga, y otra muy

---

<sup>171</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Peter Mayer, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007.



transpirable, pero que no es posible la unión de estas dos variables en términos absolutos “en muchas pinturas se indica que son hidrófugas, lo cual es cierto, pero también indican que son transpirables, lo que también puede que sea cierto, aunque una molécula de vapor de agua tarde veinte años en lograr atravesar la capa de pintura.”<sup>172</sup> La técnica de pintura al silicato forma una estructura *microporosa* altamente *transpirable*, por tanto la humedad entra en el soporte, y cuando éste se carga (aunque superficialmente parezca seco) y cambian las condiciones climáticas, el soporte vuelve a expulsar la humedad, como lo haría cualquier superficie porosa sin tratamiento. La pintura al silicato dificulta la entrada de agua en el soporte, pero no previene los efectos de la humedad en el interior del mismo.

Existen muchos tipos de piedra y de hidrofugantes. Para utilizar los hidrofugantes más adecuados sobre escultura en piedra lo mejor es consultar a profesionales que trabajan en la restauración de monumentos. Ellos, por su experiencia cotidiana, documentan grandes éxitos y fracasos producidos por la aplicación de consolidantes e hidrofugantes de resina de silicona sobre monumentos de piedra natural. Uno de los posibles efectos adversos que se pueden producir es el cambio de tono de la superficie de la piedra; éste caso se ha dado por ejemplo en el tratamiento de piedras areniscas de Villamayor (Salamanca), las cuales adquirieron un tono verdoso en la superficie tratada<sup>173</sup>. Otro ejemplo es el de piedras que después del tratamiento mostraron un deterioro acelerado, hasta que consiguen “escupir” o expulsar todo el hidrofugante, con el consiguiente deterioro en profundidad de la piedra<sup>174</sup>. Por tanto supone una gran responsabilidad aplicar estos productos sobre piezas pétreas de valor artístico que están a la intemperie.

Por otra parte, cada hidrofugante contiene distintas proporciones de materia activa, siendo fundamental elegir el producto adecuado y seguir rigurosamente las indicaciones de aplicación.

*“para piedras con porosidad baja las soluciones deben tener menos de un 2,5% de materia activa ya que pueden aparecer manchas en la superficie, a menos que se limpie con el solvente inmediatamente después del tratamiento (114). En piedras de porosidad elevada la concentración de la solución será en función de aquella, aunque en general los fabricantes recomiendan un contenido de materia activa superior al 5%.”*<sup>175</sup>

<sup>172</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Peter Mayer, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L., Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007.

<sup>173</sup> Adolfo IÑIGO [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Adolfo Iñigo, Doctor en el Instituto de Recursos Naturales de Agrobiología, CSIC, Salamanca, Noviembre 2006.

<sup>174</sup> J. VICENTE NAVARRO. [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Vicente Navarro, Geólogo del ICRBC (Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Madrid. Madrid, Septiembre 2006.

<sup>175</sup> ALCALDE MORENO, Manuel.; et al.; *Diagnosis y tratamiento de la piedra: I La alteración de la piedra en los monumentos. II Consolidantes e hidrófugos, productos para el tratamiento de materiales pétreos.* n. 400. Madrid: ICCET-CSIC (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja- Consejo Superior de Investigaciones Científicas), 1990. p. 58.

Helmut Elsner y Peter Mayer comentaron que es muy importante tratar toda la superficie de la piedra con la resina de silicona, ya que muchos fracasos de los hidrofugantes se han producido por el tratamiento parcial o irregular de la obra. Si el agua se filtra reiteradamente llegando en gran cantidad al interior de la piedra (p. ej. a través de zonas no tratadas o con grietas o poros de mayor tamaño), ocasionará grandes deterioros al soporte porque el agua dentro la piedra tratada con resina de silicona no va a poder salir. El hidrofugante de resina de silicona es microporoso y permite el paso del vapor de agua, pero al ser hidrófobo forma una barrera repelente al agua y la humedad, tanto si viene del exterior como del interior, y si sale lo hará lentamente y con bastante dificultad por la superficie hidrofugada. Este agua que llega por detrás de la zona hidrofugada le cuesta mucho evaporar al no existir transporte capilar con el exterior, y cuanto más adentro esté el agua más tardará en evaporar ya que a esas zonas no llega el sol ni el viento.<sup>176</sup> Por lo tanto, el agua provocaría la disolución de las sales de la piedra, su acumulación detrás de la barrera formada por el hidrofugante, y con el aumento de volumen de estas sales la capa pétreo superficial externa terminaría desprendiéndose.

Factores que es preciso evitar y que inciden en el fracaso del hidrofugante:

1. Aplicación deficiente o irregular,
2. Segundas capas sobre el producto que ya ha reaccionado (o en intervalos no recomendados).
3. Aplicación de un producto no adecuado para ese tipo de soporte (porosidad o composición de la piedra)
4. Existencia de grietas, en las que no va a poder entrar el hidrofugante en profundidad, juntas sin sellar, o signos de deterioro que disminuyen la eficiencia del producto
5. Poros de gran tamaño.
6. Existencia de tratamientos o pinturas anteriores no compatibles con la aplicación del hidrofugante.

Es esencial seguir rigurosamente las instrucciones de aplicación del producto, tratando toda la superficie abundantemente con hidrofugante, y como reitera Peter Mayer “*si no se cierran todas las juntas, no hidrofugas. Pero si todos los factores se tienen en cuenta, en principio, no ha de pasar nada desastroso*”.<sup>177</sup>

---

<sup>176</sup> Elmut ELSNER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Elmut Elsner, Director Técnico de Keim-Farben Alemania. Traducción y aportaciones de Peter MAYER, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica SL. Barcelona, Marzo 2007.

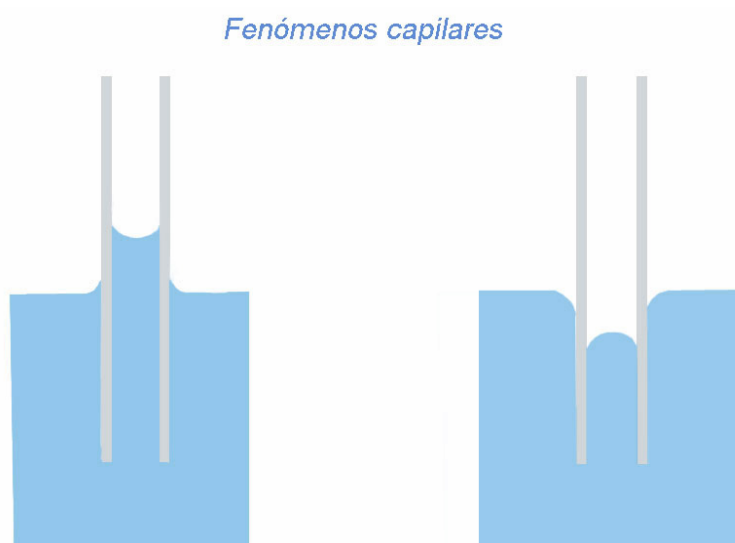
<sup>177</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Peter Mayer, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007

También será preciso aislar la escultura en dolomía de la humedad que pueda ascender por capilaridad desde el suelo (ver Fenómenos capilares. Esquema 3), por lo que la base tendrá que estar también tratada con hidrofugante y el soporte de la pieza ha de tener un medio de drenaje apropiado.

*Esquema 3. A la izquierda el líquido moja el tubo de vidrio (elevación), a la derecha no lo moja (se produce una depresión).*

*Esto ocurriría del mismo modo cuando se humedece el interior de la piedra, y el agua se desplaza por el interior de los capilares de la piedra sin tratar, y tratada con hidrofugante.*

*Además la elevación o depresión será mayor cuanto menor sea el diámetro del tubo.*



Los fenómenos capilares se producen al entrar en contacto un sólido con un líquido, según las leyes de elevación de líquidos en tubos capilares establecidas por la Ley Gay-Lussac y Ley de Jurín “Cuando se introduce un cuerpo sólido en un líquido que le moja, este último, [...] se eleva alrededor del cuerpo, y su superficie deja de ser horizontal, tomando una forma cóncava” (Esquema 3. Izquierda) “Si por el contrario, el líquido no moja el cuerpo sumergido, [...], no sube, sino que baja la superficie del líquido, afectando entonces una forma convexa” (Esquema 3. Derecha). “La misma concavidad o convexidad adquiere la superficie del líquido en los bordes de la vasija que lo contiene, según moje o no sus paredes.”<sup>178</sup>

Es fundamental evitar el tratamiento en piedras que presentan deterioro por acumulación de sales, por lo que es esencial que para realizar la pieza escultórica se haya elegido un bloque compacto y de recientemente extracción de cantera, lo que además facilita esculpir la piedra. Las piedras expuestas a la intemperie se convierten en quebradizas a causa de la dilución de sales del soporte, en escultura se dice que están “cristalizadas”, ya que adquieren una superficie dura y frágil como el cristal que es muy difícil de esculpir ya que se desprenden lajas de tamaño irregular de forma imprevista. (Más datos sobre el deterioro de la dolomía en Anexo II. En el apartado II.1.3 Deterioro natural de la piedra.)

<sup>178</sup> GANOT, A. *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología*. 13ª Ed. Madrid: Editorial de Bailly-Baillière e Hijos, 1900. pp. 159-160

### 3.2.2 HIDROFUGANTE Y DOLOMÍA POLICROMADA AL SILICATO

Según se indicaba en el Capítulo I la superficie de silicato es una pintura resistente a los factores meteorológicos (ver 1.2 Propiedades de la pintura al silicato potásico), pero la dolomía no lo es tanto. Helmut Elsner y Peter Mayer<sup>179</sup> recomiendan aplicar sobre esculturas realizadas en dolomía policromadas al silicato el hidrofugante un hidrofugante de resina de silicona en base a siloxanos (ver Ficha técnica y de seguridad en el Anexo V.1 Lotexan N). Este hidrofugante es indicado especialmente para el tratamiento de piedra natural porosa, y no es adecuado para piedras poco porosas como mármol, alabastro o granito; sobre estas últimas piedras mencionadas queda irregularmente distribuido y produce cambios de tonalidad *“La aplicación de hidrófugos sobre soportes no porosos es inútil o incluso perjudicial”*<sup>180</sup>. Por lo tanto este hidrofugante se puede aplicar sobre dolomía y otras piedras porosas, por ejemplo se ha comprobado que aporta una magnífica hidrofugación sobre Arenisca de Villamayor (Salamanca) y no produce cambios cromáticos en su superficie.

Se aplicará sobre el soporte seco, con lo que penetra en los capilares y poros de la piedra, iniciándose la reacción química de condensación y reticulación de la resina de silicona *“Una vez evaporado el disolvente la sustancia activa se deposita en las paredes de los poros y desarrolla su capacidad hidrofugante por reacción química con la humedad normal del material y del ambiente, desarrollando sus características hidrofugantes. Este tratamiento no tapa los poros del soporte, por lo que se mantiene prácticamente intacta la permeabilidad de la piedra al vapor de agua.”*<sup>181</sup>.

Peter Mayer y Helmut Elsner indican que en ambientes fríos y secos la hidrofugación se produce más despacio, mientras que con calor y humedad el proceso químico de hidrofugación se acelera. En cuanto a las condiciones de aplicación *“no es conveniente aplicar los productos con temperaturas inferiores a 5°C, o cuando la fachada está a pleno sol (temperatura en la superficie mayor de 40°C).”*<sup>182</sup> por lo que es especialmente importante tener

---

<sup>179</sup> Elmut ELSNER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Elmut Elsner, Director Técnico de Keim-Farben Alemania. Traducción y aportaciones de Peter MAYER, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica SL. Barcelona, Marzo 2007.

<sup>180</sup> ALCALDE MORENO, Manuel.; et al.; *Diagnosis y tratamiento de la piedra: I La alteración de la piedra en los monumentos. II Consolidantes e hidrófugos, productos para el tratamiento de materiales pétreos.* n. 400. Madrid: ICCET-CSIC (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja- Consejo Superior de Investigaciones Científicas), 1990. p. 60

<sup>181</sup> Consultar Ficha técnica de KEIM Lotexan N, incluida en el Anexo V.1 Lotexan N.

<sup>182</sup> ALCALDE MORENO, Manuel.; et al.; *Diagnosis y tratamiento de la piedra: I La alteración de la piedra en los monumentos. II Consolidantes e hidrófugos, productos para el tratamiento de materiales pétreos.* n. 400. Madrid: ICCET-CSIC (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja- Consejo Superior de Investigaciones Científicas), 1990. p. 59



en cuenta las condiciones climáticas y de humedad del soporte previamente a la aplicación del hidrofugante.

La baja viscosidad del producto facilita la penetración en profundidad en los capilares, promueve la evaporación del solvente y la reordenación de los componentes inorgánicos (silícicos) y orgánicos (hidrófugos) del producto con respecto al soporte mineral (capilares).

Peter Mayer indica que la piedra porosa es un material muy sensible al agua, sobre todo en las zonas más expuestas a la lluvia y más aún si tiene alto contenido en cal. Una piedra no hidrofugada puede presentar una absorción de 0,5 litros/hora por metro cuadrado para piedras de porosidad baja, y de 5 litros/hora por metro cuadrado para piedras de porosidad alta. Sin embargo si aplicamos a estas piedras un tratamiento hidrofugante su absorción se convierte en ambas en 0,1 litros/hora<sup>183</sup>.

Utilizar un hidrofugante sobre dolomía es un tratamiento final, por lo que primero habría que realizar el tratamiento pictórico de policromía al silicato y después dejar un tiempo prudencial para que el silicato termine de reaccionar, a continuación se aplicará el hidrofugante.

En cuando a la hidrofugación de grandes superficies Carbonell de Massi indica que *“El tratamiento se inicia por la parte inferior del muro, saturándolo durante un tiempo pero sin que escurra. Otra alternativa es aplicarlo en dos veces seguidas, pero espaciadas hasta que la primera aplicación haya sido absorbida”*<sup>184</sup> Esto es así porque si comenzamos por arriba, el producto tiende a escurrir por la superficie, acumulándose más producto en la parte inferior. Si comenzamos de abajo hacia arriba estaremos aplicando, y saturando con producto sobre superficie seca. Este procedimiento es aplicable para las esculturas por lo que se comenzará por la parte inferior de la pieza, aunque ésta sea de tamaño mediano.

---

<sup>183</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Peter Mayer, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007.

<sup>184</sup> CARBONELL DE MASY, Manuel. *Observación y restauración de monumentos: Piedra, cal, arcilla*. Barcelona: Vanguard Gráfico, 1993. p. 110

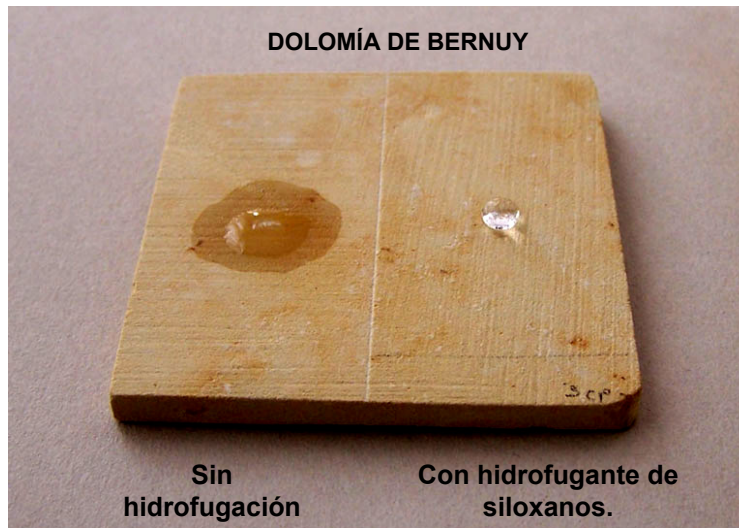
## ENSAYO Nº 25

## HIDROFUGACIÓN Y DOLOMÍA

Soporte: Plaqueta de dolomía 6 x 5,5 x 0,5 cm.

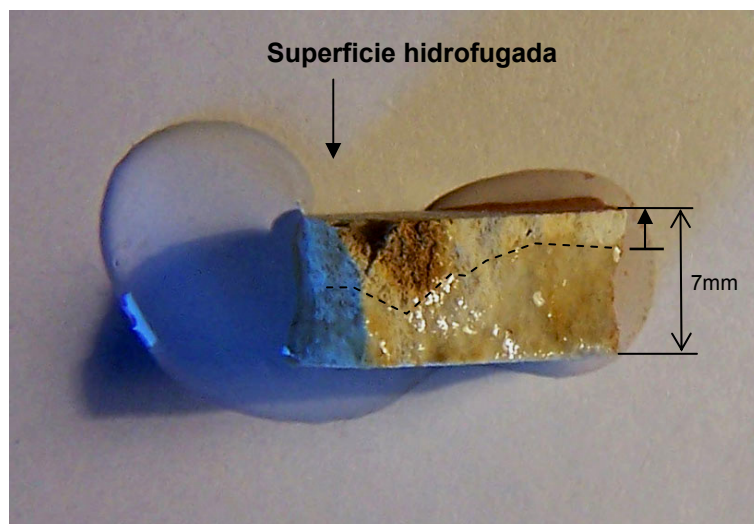
Hidrofugante: Keim Lotexan-N.

Aplicación: Dos capas sucesivas con un intervalo entre capas de 10 minutos. Se aplica abundantemente con brocha de cerda natural hasta que la piedra no absorba más producto.



*Fig.135. Efecto de una gota de agua sobre la superficie de dolomía sin tratamiento (izquierda) e hidrofugada (derecha).*

El tratamiento con resina de silicona aporta una hidrofugación excelente como se observa en la parte derecha de la pieza de dolomía (Fig. 135). No se produce cambio de color o tono en la superficie de dolomía tratada con hidrofugante, la piedra presenta un aspecto idéntico al de la piedra sin hidrofugar.



*Fig. 136. Detalle de la fractura de una probeta de 7 mm grosor. Tratada en la parte superior con hidrofugante K. Lotexan N (dos capas de producto, mojado sobre mojado con un intervalo de 10 min.).*

Un dato importante es que para que se produzca una correcta hidrofugación es imprescindible que el hidrofugante haya penetrado unos 2 mm. en la superficie tratada para piedras de poro fino, y de 5 mm para piedras muy porosas (piedras de poro muy grande, aquellas que se aprecian los poros a simple vista). Las aplicaciones han de ser abundantes, lo que asegurará la penetración del producto, respetando las indicaciones del fabricante y los

tiempos entre capas. Si realizamos una aplicación pobre o irregular la hidrofugación sería deficiente y muy perjudicial para la superficie tratada.

En el corte por fractura de una de las probetas de dolomía hidrofugada únicamente por una cara (fig. 136), al humedecer uno de los fragmentos se observa que el hidrofugante ha logrado una buena penetración en el soporte, oscilando ésta entre 2 y 4 mm. (por la porosidad heterogénea de la dolomía).

## ENSAYO Nº 26

## HIDROFUGACIÓN Y DOLOMÍA policromada

*Fig. 137. Detalle de probetas pintadas al silicato. Después de una semana del tratamiento con hidrofugante aún se observa el espectacular efecto de repelencia de las gotas de agua que “botan” literalmente sobre la superficie recientemente tratada.*



Este ensayo consiste en la hidrofugación de unas plaquetas de dolomía policromada al silicato. Los colores de las probetas hidrofugadas no varían con respecto a las piezas de referencia sin hidrofugar. La propiedad hidrófoba aportada a la superficie es muy buena y la aplicación del producto es muy sencilla.

El ángulo de contacto o de mojado de un líquido respecto a un sólido indica la capacidad que tiene el líquido de mojar al sólido. El líquido no moja la superficie del sólido si este ángulo es superior a  $90^\circ$ , esto ocurre al disminuir la tensión superficial de la superficie del sólido mediante la aplicación del hidrofugante (figs. 138 y 139), sin embargo mojará la superficie si el ángulo es inferior a  $90^\circ$ , como ocurre en la piedra sin tratamiento hidrófobo.<sup>185</sup> (fig. 140)

<sup>185</sup> SAN ANDRÉS, M; S. DE LA VIÑA. *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Madrid: Síntesis, 2004. pp. 296,297



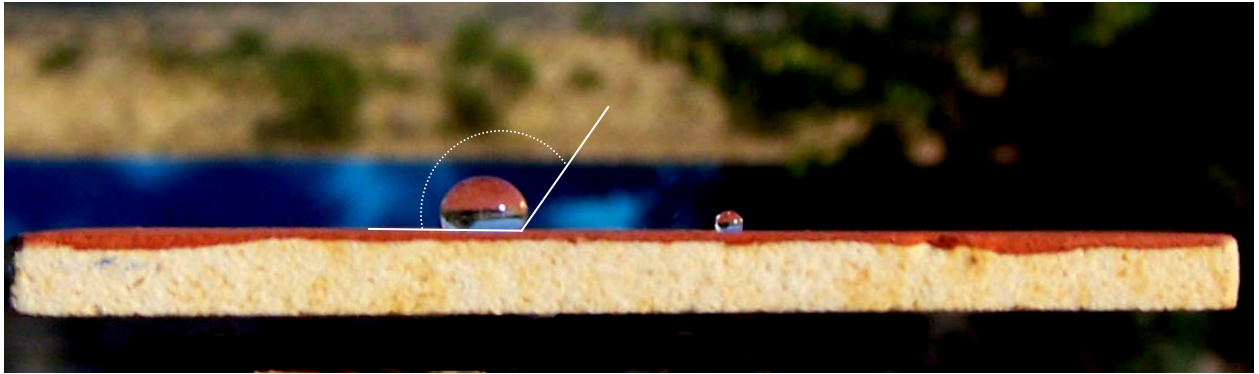


Fig. 138 . Se observa en detalle que el ángulo de contacto es mayor de  $90^\circ$ , la gota de agua no moja la superficie de dolomía hidrofugada con resina de silicona. Probeta pintada con silicato (Técnica A Keim) e hidrofugada con siloxanos (Lotexan N).

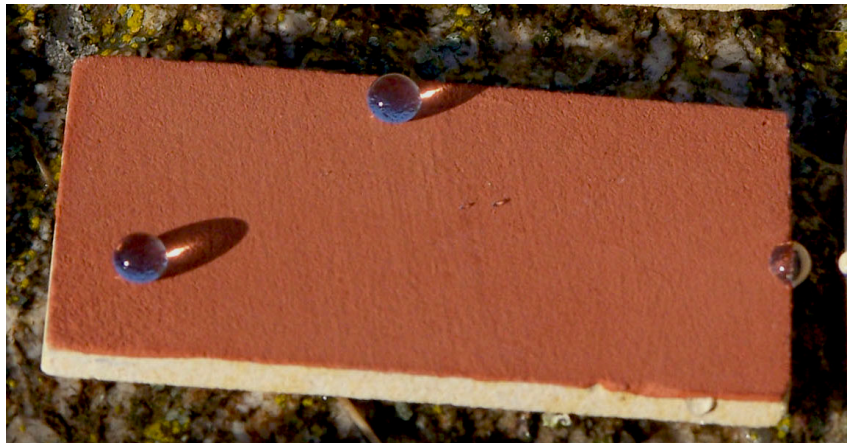


Fig.139. Detalle de unas gotas de agua sobre una probeta pintada al silicato (Técnica A), y después hidrofugada con Lotexan N.

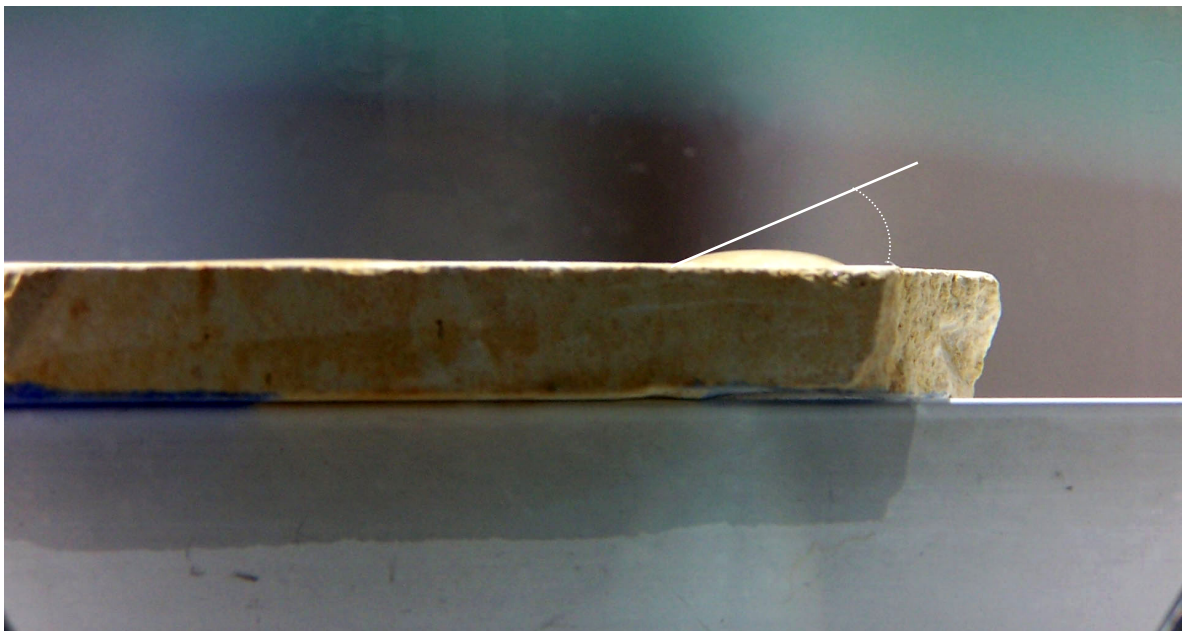
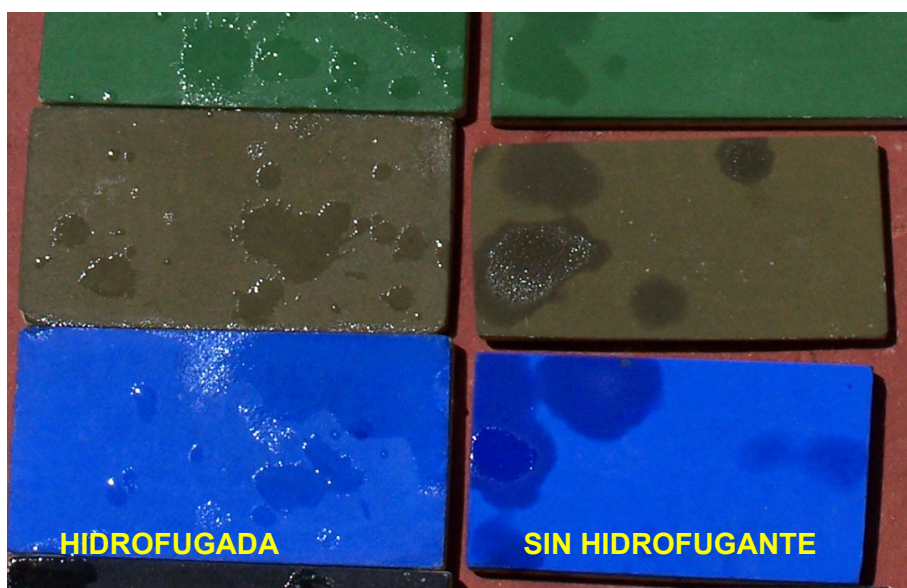


Fig. 140. Gota de agua depositada sobre dolomía natural sin hidrofugar. El ángulo de contacto formado es inferior a  $90^\circ$ , y por consiguiente la superficie se moja. Para un material completamente absorbente el ángulo de contacto es cero.



Con respecto a la hidrofugación de siloxanos, Peter Mayer indica que los rayos UV del sol deterioran la capa del hidrofugante que queda sobre la superficie de la piedra<sup>186</sup>, ya que no existe hidrofugante que sea resistente a los rayos solares. El efecto más espectacular de hidrofugación se observa recién aplicado el producto, ya que al echar agua es tal la repulsión de la misma, que las gotas “botan” literalmente al entrar en contacto con la superficie hidrofugada (fig. 137). Este efecto remite al cabo de dos o tres meses de exposición a la intemperie (fig. 141), ya que la capa superficial desaparece progresivamente al deteriorarse irremediabilmente por efecto del sol. No obstante, el producto sigue siendo activo e hidrófobo en el interior de capilares y poros de la piedra donde los rayos solares no llegan. Esto explica por qué es tan importante que el hidrofugante penetre al menos 2mm. Por ejemplo, con una aplicación deficiente del producto (inferior a 2mm), la lluvia con la presión que ejerce un viento fuerte puede empujar el agua hacia dentro del soporte hidrofugado.<sup>187</sup>

#### Probetas de dolomía policromadas al silicato (Técnica A)



*Fig. 141. Al echar agua sobre las piezas hidrofugadas ha desaparecido el efecto de perleo que se producía al principio. Fotos tomadas el 29 de junio de 2008, después de once meses de exposición a la intemperie.*

En la fotografía (fig. 141) se observa que las gotas de agua no mojan la superficie hidrofugada de las probetas de la izquierda, mientras que en las piezas sin hidrofugante de la derecha el agua es rápidamente absorbida por la superficie de la piedra pintada al silicato.

Se estima que el efecto de los productos hidrófobos en algunos casos, ha permanecido activo en el interior de la superficie tratada aproximadamente 20 años. Pero existen estudios concretos en los que se estima que el efecto hidrofugante tiene una duración

<sup>186</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Peter Mayer, Director Técnico de Keim Ecpaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007.

<sup>187</sup> Elmut ELSNER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Elmut Elsner, Director Técnico de Keim-Farben Alemania. Traducción y aportaciones de Peter MAYER, Director Técnico de Keim Ecpaint Ibérica SL. Barcelona, Marzo 2007

media de unos 10 años, dato a tener en cuenta para posibles comprobaciones y mantenimiento.

Para saber si hay hidrofugante en el interior se puede realizar un análisis de absorción a nivel capilar, para ello se colocan unas probetas graduadas adosadas a la superficie y comprueba la absorción de agua superficial. También podríamos hacer una sencilla comprobación según el tiempo de absorción de una pequeña gota de agua, o también mediante observación visual sobre los cambios de color entre la superficie húmeda y mojada.<sup>188</sup>

Peter Mayer indica que la zona tratada con hidrofugante se ensucia menos, ya que como el soporte no absorbe agua no arrastra hacia el interior de la piedra las partículas de suciedad, y además el hidrofugante dificulta la adherencia de suciedad a la superficie y facilita su limpieza. Si en una piedra hidrofugada se presentan zonas con suciedad es indicativo de aplicación irregular o deficiente, ya que esas zonas están permitiendo la entrada del agua de lluvia. Además, con el hidrofugante no se producen reacciones con los gases contaminantes ambientales, ya que éstos necesitan la humedad de la superficie para actuar. El efecto hidrófugo también evita la dilución de los ligantes de la piedra por disolución y no se produce la erosión interna del soporte.<sup>189</sup>

Se preguntó a Helmut Elsner (director Técnico de Keim Alemania) cuánto tiempo sería necesario esperar para aplicar un hidrofugante a una escultura en dolomía policromada al silicato. Su respuesta fue inmediata, *“transcurridas al menos dos semanas, es necesario permitir la reacción química del silicato, que necesita un gran aporte de dióxido de carbono del aire para su fijación.”* Si se aplica el hidrofugante antes de este tiempo, se formaría una ligera barrera superficial que dificulta su absorción, y por lo tanto inhibe la reacción química necesaria para la petrificación del silicato potásico<sup>190</sup>.

No conviene aplicar más capas de hidrofugante de las recomendadas por el fabricante. Para comprobarlo se prepararon unas probetas pintadas al silicato (Técnica A), y se trataron con tres capas abundantes de hidrofugante (Lotexan-N), aplicado en intervalos de 10 minutos sobre las piezas en horizontal y encharcando la superficie. La dolomía de Bernuy no es muy porosa, por lo que no absorbe el exceso de hidrofugante del tratamiento, y cuando se

---

<sup>188</sup> YOUNG, M.E.; M. MURRAY; P. CORDINER. “Stone Consolidants and Chemical Treatments in Scotland”. En *Report to Historic Scotland*. Edinburgh (United Kingdom): Scottish Conservation Bureau, 1999.  
<http://www2.rgu.ac.uk/schools/mcrg/miconsol.htm> [Consulta: Noviembre 2008]

<sup>189</sup> Peter MAYER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Peter Mayer, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007.

<sup>190</sup> Elmut ELSNER [Entrevista personal]. Punto concedido en entrevista personal con D. Elmut Elsner, Director Técnico de Keim-Farben Alemania. Traducción y aportaciones de Peter MAYER, Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L. Barcelona, Marzo 2007.

evapora el disolvente las probetas presentaban marcas y cambios de tono más oscuro (fig. 142), por lo que es esencial seguir las instrucciones, aplicándolo abundantemente de forma regular, sin encharcar ciertas zonas como podrían ser entrantes o huecos de la pieza.



Fig. 142. Probetas pintadas al silicato tratadas con exceso de hidrofugante Keim Lotexan N (aplicación de tres capas sucesivas) lo que produce manchas irregulares más oscuras.

En aquellas zonas en que se produzca una retención excesiva del hidrofugante o encharcamiento, el sobrante se puede retirar utilizando un paño o papel absorbente, con lo que se evita la acumulación excesiva de producto en la superficie. Sin embargo, dado su elevado contenido en solventes han de respetarse unas medidas de seguridad y evitar su contacto con la piel o inhalación de los vapores al ser nocivos para la salud. Por lo tanto este

hidrofugante debe ser usado en espacios abiertos y utilizarse mascarilla con filtros antigases, siendo principalmente irritante de las vías respiratorias, tóxico y presenta peligro por inflamación<sup>191</sup>. Además, la emisión de componentes volátiles orgánicos puede continuar hasta varias semanas después del tratamiento en espacios cerrados, aunque lo normal es que dada su rápida polimerización dure unos pocos días.<sup>192</sup>



Fig. 143. Abajo. Envase del hidrofugante de siloxanos utilizado para los ensayos

<sup>191</sup> Ficha técnica de Seguridad . (Ver anexo V.1. Lotexan N. Safety Data Sheet)

<sup>192</sup> YOUNG, M.E.; M. MURRAY; P. CORDINER. "Stone Consolidants and Chemical Treatments in Scotland". En *Report to Historic Scotland*. Edinburgh (United Kingdom): Scottish Conservation Bureau, 1999. <http://www2.rgu.ac.uk/schools/mcrg/miconsol.htm> [Consulta: Octubre 2006]

### 3.2.3 EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE

#### ENSAYO N° 27

#### HIDROFUGACIÓN Y DOLOMÍA

Probetas: Dolomía de Bernuy, medidas (5x 3x 0,5 cm), pintadas al silicato con K. Künstlerfarben-Técnica A con colores opacos y proceso sucesivo de fijación (ver 2.1.3 K.Kunstlerfarben)

El ensayo consiste colocar a la intemperie unas piezas de dolomía pintadas al silicato e hidrofugadas. (Datos sobre el lugar de colocación de las probetas está descrito en el apartado 2.1.6 Resistencia a la intemperie-Localización)

#### Aplicación de la pintura al silicato Keim Künstlerfarben (Técnica A):

**Tabla 27.** Proceso de trabajo.

1º- día 23 - 5- 2007. Aplicación de la capa de pigmento hidratado diluido en agua destilada, proporción aprox. 1:3 (pigmento/agua dest.). Aplicado sobre la superficie humedecida de la probeta hasta cubrir su superficie.

|             |           |  |                         |
|-------------|-----------|--|-------------------------|
| 1ª Fijación | 24-5-2007 | diluido 1:2 (Fixiermittel/Agua destilada). | Temperat. Ambiente 22°C |
| 2ª Fijación | 25-5-2007 | “ “ “                                      | Temperat. Ambiente 23°C |
| 3ª Fijación | 26-5-2007 | “ “ “                                      | Temperat. Ambiente 25°C |
| 4ª Fijación | 27-5-2007 | “ “ “                                      | Temperat. Ambiente 23°C |
| 5ª Fijación | 28-5-2007 | “ “ “                                      | Temperat. Ambiente 24°C |
| 6ª Fijación | 29-5-2007 | “ “ “                                      | Temperat. Ambiente 21°C |

#### Hidrofugación:

Producto. Keim Lotexan N.

Día 9-7-2007 Se aplican dos capas abundantes con un intervalo de 10 min.

**Intemperie:** Día 21-7-2007. Las probetas se colocan a la intemperie.

#### OBSERVACIONES

Con la aplicación del hidrofugante no se producen cambios de tono o brillo en las probetas pintadas al silicato. La superficie de las probetas tratadas con hidrofugante es mate, con tonos luminosos y no se diferencian de las piezas que no están hidrofugadas, excepto cuando vertemos agua sobre ellas.



**1 año de exposición a la intemperie- hidrofugadas del 21 Julio 2007 al 29 Julio 2008**



Fig.144 . Piezas pintadas con la técnica A. En la parte inferior piezas que se han tratado con dos capas de hidrofugación de resina de silicona (K. Lotexan N) y que se han expuesto a la intemperie durante casi un año.

**14 meses de exposición a la intemperie- hidrofugadas del 21 Julio 2007 a Septiembre 2008**

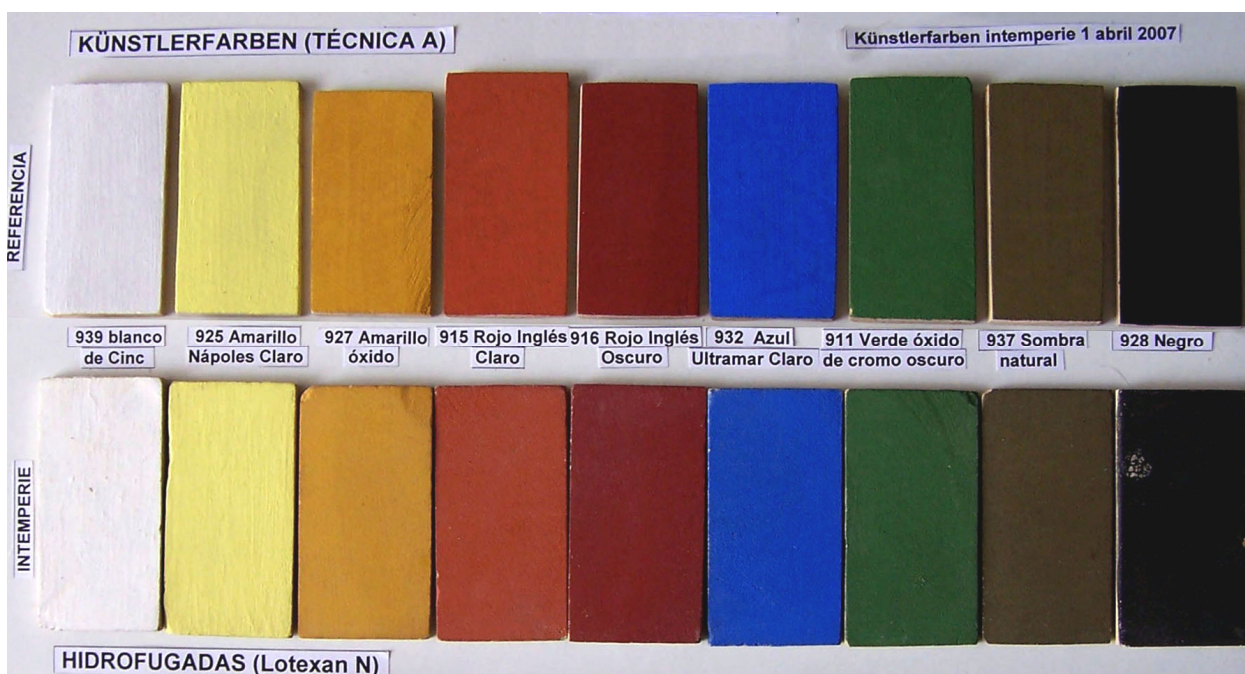


Fig.145. Probetas de referencia de dolomía policromadas con la técnica A en la parte superior (conservadas en interior en lugar oscuro). En la parte inferior las probetas que han estado 14 meses a la intemperie hasta Septiembre 08 policromadas con la técnica A e hidrofugadas.

Después de un año y dos meses de exposición a la intemperie las probetas no presentan ninguna diferencia a preciable con respecto a las piezas de referencia (fig. 144), la hidrofugación sigue siendo buena.

## 4 CAMBIANDO EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE LA DOLOMÍA POLICROMADA AL SILICATO.

La pintura al silicato proporciona un acabado completamente mate con una apariencia mineral única, además los colores presentan una alta luminosidad comparable con técnicas como el temple al huevo e incluso el fresco. Sin embargo, cuando una superficie pintada al silicato se moja ésta adquiere una apariencia completamente distinta, los colores en veladura cobran transparencia (se distingue incluso los tonos moteados de la dolomía) y aumenta la intensidad de los colores en capas cubrientes, mientras que oscuros y negros adquieren mayor profundidad de color.

Tomando como ejemplo una policromía al óleo (fig. 146), sería realmente interesante poder incidir mediante un cambio del índice de refracción en la superficie de ciertos trabajos al silicato, sobre todo para la realización de pátinas y veladuras complejas. Para lograrlo sería necesario aplicar un producto, por ejemplo un barniz, que cambie el aspecto de la pintura y aporte profundidad a los tonos. En este apartado se van a investigar estas posibilidades, como complemento de la técnica mineral para poder enriquecer y diversificar las opciones de policromía al silicato.



*Fig. 146. Pieza inédita en Alabastro Policromado. A. Sánchez Davía. 2004. Copia de la Cabeza de Apolo (estudio para la Fragua de Vulcano de Velázquez).*

*Pintura al óleo y veladuras sobre placa de alabastro. Medidas: 33 x 24 x 2 cm.*

*Se observa la profundidad de color típica de la técnica al óleo. Como imprimación se aplicó una fina capa de templa de cola de conejo, y para unificar el acabado final de la pintura se empleó una capa de barniz de retoque (Retouching Varnish- Talens).*

**Se van a considerar dos opciones:**

1. Productos de acabado final. Se realizaría sobre una policromía al silicato acabada, únicamente para lograr mayor profundidad de color.
2. Productos intermedios. Cuando se precisa trabajar con tonos de los que carece la policromía al silicato además de aumentar la profundidad de color de la pintura al silicato ya acabada. La policromía al silicato actuaría como infrapintura de una policromía complementada con otra técnica pictórica (por ejemplo óleo o acrílico), y con el uso de colores orgánicos o veladuras de tonos que no admite la técnica mineral.

## 4.1 PRODUCTOS

Se parte de la base pictórica de policromía al silicato sobre dolomía de Bernuy con el objetivo principal de conseguir mayor profundidad de color, y que sea lo suficientemente significativa para ser apreciado de visu. Principalmente se han seleccionado productos de calidad indicados para trabajos artísticos y de restauración. El principal inconveniente que presentan una resistencia limitada a la intemperie si son expuestos directamente a los agentes degradantes medioambientales como cambios de temperatura, humedad, sol, heladas, microorganismos, etc y la irreversibilidad del tratamiento, es decir, no se podrá recuperar el aspecto mate de la pintura al silicato.

Teniendo en cuenta la porosidad superficial y la alcalinidad del silicato va a ser conveniente aplicar una imprimación previa a la dolomía ya que:

- Primero. La aplicación de aceite sobre aglomerados minerales o piedras con elevada presencia de caliza (alta alcalinidad), produce la saponificación de las grasas, con lo que la simple acción de la humedad ambiental deterioraría la capa pictórica. Hay que tener en cuenta este dato ya que, aunque la dolomía no contiene cal, la pintura al silicato es muy alcalina, con valores de Ph<sup>193</sup> entre 11 y 14 que producirían la saponificación de aceites aplicados sobre ella. Por lo que es preciso aplicar una capa intermedia a modo de imprimación sobre la piedra como se recomienda imprimir en el caso de los muros *“El encolado debe servir como capa aislante entre el soporte alcalino y el aglutinante graso [...]”*.<sup>194</sup> Imprimación que en esta investigación se realizará con materiales contemporáneos.

---

<sup>193</sup> Ph. “Quim. Escala numérica que mide el grado de acidez o alcalinidad de una solución. Si el PH es menor de 7, la solución es de reacción ácida; si es 7, neutra, y si es mayor de 7, alcalina.” *Gran Enciclopedia Universal*. Vol.

14. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p. 9256.

<sup>194</sup> DE LA COLINA BOTELLO, Manuel. Incidencias del soporte en la pintura y sus manipulaciones técnicas. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 1988. p. 189.

- Segundo. La dolomía es un soporte absorbente y la pintura al silicato es además porosa. En este caso la superficie absorberá el aceite del aglutinante de las pinturas grasas como el óleo, con lo que el pigmento pierde fijación y la capa formada entonces es muy vulnerable y deslustrada, como indica Leslie Carlyle sobre el sellado de los soportes absorbentes *“por lo tanto para reducir su absorción de algún modo, se recomienda una capa selladora de barniz, aceite o una combinación de ambas”*<sup>195</sup>. Por ejemplo, en la pintura Italiana de los siglos XV-XVI se empleaba profusamente la veladura transparente de óleo o colores resinosos sobre temple después de que se hubiera barnizado éste.<sup>196</sup>

Es importante considerar los productos contemporáneos que actualmente se están utilizando con éxito en numerosas restauraciones realizadas en Europa. Uno de los más importantes y difundidos es el Paraloid B-72, muy resistente a la intemperie y con unas características excepcionales, compatible además por el solvente utilizado con las resinas de silicona (que únicamente repelen los productos acuosos). Sobre el Paraloid B- 72 Manfred Koller del Servicio de Monumentos Históricos Austriacos indica:

*“En Austria disponemos de cerca de veinte años de experiencia en la utilización de este agente sobre los monumentos exteriores [...] después de una exposición de veinte años exteriormente, en pleno sol, pudimos constatar que la reversibilidad era total, que no había ningún rastro de oscurecimiento. Podíamos pues proceder a una nueva impregnación, en combinación con siliconas. Querría destacar que, según mi experiencia, ningún otro consolidante no es ya conveniente para una superficie de piedra policromada con pintura al aceite”*<sup>197</sup>

---

<sup>195</sup> CARLYLE, Leslie. *The Artist's Assistant: Oil Painting Instructions Manuals and Handbooks in Britain 1800-1900. With Reference to Selected Eighteenth-Century Sources*. London: Archetype Publications, Ltd, 2002. p. 205.

<sup>196</sup> MALTESE, Corrado (Coord.). *Las técnicas artísticas*. Madrid: Cátedra, 1980. (Manuales de Arte Cátedra) p. 302.

<sup>197</sup> VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Dirs.) *“La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques.”* [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. Paris : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002. p. 290.



## 1.- PARALOID B-72

Producto: Paraloid B-72 100%. Marca comercial Riesgo S.A. (fig. 147).

*“El Paraloid B-72 es una resina acrílica, polímero sintético, copolímero de metacrilato de etilo y acrilato de metilo, que se presenta en forma de perlas regulares, y es soluble en etanol, tolueno, acetona. [...] Esta resina ha demostrado buena reversibilidad y permanencia de las características ópticas con el envejecimiento.”<sup>198</sup>*



Fig.147. Paraloid B-72 en perlas en la parte inferior y recipiente de cristal con el producto disuelto en acetona.

Preparación: Las proporciones se calculan por peso, se preparó en una proporción del 5% de Paraloid B 72 disuelto en acetona<sup>199</sup>. Se añadió primero una pequeña cantidad de acetona para cubrir las perlas de resina, una vez disueltas se añadió el resto de la acetona hasta completar el 100%.

## 2.- PRIMAL AC- 532

Producto: Resina acrílica marca Manuel Riesgo (fig. 148).

Preparación: Se preparó en la proporción de 1 volumen de resina (Primal) diluido en 3 volúmenes de agua destilada. Estas proporciones se han seleccionado según los resultados de los ensayos realizados con Acetato de Polivinilo en la tesina precedente a esta tesis<sup>200</sup>.



Fig.148 . Primal AC. 532.

<sup>198</sup> CALVO, Ana. *Conservación y restauración: Materiales, técnicas y procedimientos. De la A a la Z*. Barcelona: Serbal, 1997. p. 166.

<sup>199</sup> **Acetona.** “f. Quím. De fórmula  $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ , es un líquido incoloro de olor característico, volátil y fuertemente inflamable. Se obtiene por destilación seca de la madera o por fermentación de hidratos de carbono con diversos microorganismos y se utiliza como disolvente y como base para síntesis orgánicas” *Gran Enciclopedia Universal*. Vol. 1. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p.97.

<sup>200</sup> SANCHEZ DAVIA, A. “*Volumen y Color escultórico*” Dirección: Pablo de Arriba del Amo. [Tesina inédita]. Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense, Madrid, 2004.

### 3. - PAINTING MEDIUM

Producto: Médium para pintura al aceite, Painting Medium Talens, N° 083 (fig. 149).

Composición principal de aceites vegetales, resinas sintéticas y White spirit. Habitualmente utilizado para hacer más fluida y transparente la pintura al óleo<sup>201</sup>.

Fig. 149. Medio graso para pintura al óleo.



### 4. - LIQUIN + PAINTING MEDIUM al 50%

Productos:

- Liquin Original para colores al óleo, marca Winsor & Newton. Composición principal de resina alquídica<sup>202</sup>. Médium de uso general habitualmente utilizado para aumentar la transparencia, fluidez de la pintura y el secado rápido (fig. 150).
- Painting Médium (producto indicado en el apartado anterior- n° 3)

Preparación: Mezcla de ambos productos al 50%.

Fig. 150. Médium de resina alquídica de secado rápido.



Fig.151. Con el transcurso de los años este producto sigue siendo efectivo pero adquiere un tono amarillento, como se puede observar en el frasco de la izquierda que ha sido guardado en lugar oscuro durante varios años. A la derecha de la fotografía se observa un bote comprado recientemente.



<sup>201</sup> ROYAL-TALENS. *Guía completa: Materiales Auxiliares. Pastel-Témpera-Acuarela-Acrílico-Óleo*. [Folleto informativo publicitario]. Apeldoorn; Barcelona: Royal-Talens, Talens España SAV. ca. 2007. p. 16.

<sup>202</sup> **Resinas alquídicas.** “se constituyen por una porción de resina de los ácidos de policarbonos, p.ej. de ácido ftálico y de polialcoholes, p.ej. la glicerina. En los poliésteres resultantes pueden incorporarse aceites secantes como el aceite de linaza, [...] El porcentaje de aceite de las resinas oscila entre el 20 y el 70%.” DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001. p. 102.

## 5. - LIQUIN + WHITE SPIRIT<sup>203</sup> al 50%

### Productos:

- White Spirit Talens N° 090<sup>204</sup> (fig. 152). Es un disolvente extraído del petróleo que se utiliza como diluyente y sustituto de la esencia de trementina.
- Liquin (producto indicado en el punto anterior- n° 4)

Preparación: Ambos productos al 50%.



Fig. 152. White Spirit.

## 6. - PICTURE VARNISH MATT

Producto: Barniz para pintura mate. Picture Varnish Matt Talens, N° 003, en spray, compuesto por “Resina sintética, White spirit y sílices”.<sup>205</sup> (fig. 153).

Fig. 153. Barniz en spray de la marca Talens.



## 7.- RETOUCHING VARNISH.



Producto: Barniz de retoques. Retouching Varnish Talens, N° 004 (fig. 154). Composición principal de Resina Sintética y White Spirit.<sup>206</sup>

Se utiliza como barniz de retoque, para uniformar la apariencia mate o aspecto irregular de la pintura, recomendándose su aplicación en capa fina (fig. 154)

Fig. 154. Barniz de Retoque de la marca Talens.

<sup>203</sup> **White Spirit.** “Fracción de la destilación del petróleo, entre las gasolinas y queroseno, designada como nafta o eter de petróleo [...]” CALVO, Ana. *Conservación y restauración: Materiales, técnicas y procedimientos. De la A a la Z.* Barcelona: Serbal, 1997. 235.

<sup>204</sup> ROYAL-TALENS. *Guía completa: Materiales Auxiliares. Pastel-Témpera-Acuarela-Acrílico-Óleo.* [Folleto informativo publicitario]. Apeldoorn; Barcelona: Royal-Talens, Talens España SAV. ca. 2007. p. 14.

<sup>205</sup> ROYAL-TALENS. *Guía completa: Materiales Auxiliares. Pastel-Témpera-Acuarela-Acrílico-Óleo.* [Folleto informativo publicitario]. Apeldoorn; Barcelona: Royal-Talens, Talens España SAV. ca. 2007. p. 27.

<sup>206</sup> ROYAL-TALENS. *Guía completa: Materiales Auxiliares. Pastel-Témpera-Acuarela-Acrílico-Óleo.* [Folleto informativo publicitario]. Apeldoorn; Barcelona: Royal-Talens, Talens España SAV. ca. 2007. p. 25.



## 8.- ACRYLIC VARNISH MATT

Producto: Barniz acrílico mate. Acrylic Varnish Matt Talens, N° 115 (fig. 155).

Composición principal de “resina de acrilato, aceite de trementina, White spirit, mateantes (sílices)”.<sup>207</sup> Barniz de acabado mate para óleo y acrílico, se puede diluir en White spirit (ver producto en punto N° 5)

Conviene calentar el producto y agitar bien el frasco ya que parte de sus componentes se depositan en el fondo.



Fig. 155. Barniz acrílico.

## 9.- RESINA DE SILICONA.

Producto: Resina de silicona (siloxanos). Nombre comercial Keim Lotexan N. Se utiliza como hidrofugante para piedras porosas (ver 3.2.2 Hidrofugante y dolomía policromada al silicato).

Se aplican dos capas abundantes mojado sobre mojado con un intervalo de 10 minutos.



Fig. 156. Resina de Silicona-hidrofugante. Fot. A. Sánchez Davía.

## 10.- CERA MICROCRISTALINA.



Producto: Cera microcristalina preparada de la marca Renaissance (Picreator Entreprises Ltd) Micro-Crystalline Wax Polish. Fórmula usada por el Museo Británico de Londres para proteger materiales valiosos en interiores y exteriores, refrescar los colores e impartir un suave lustre (fig. 157).

Fig. 157. Cera microcristalina prefabricada. Abajo microgránulos de cera que se utilizan para preparar diferentes fórmulas de cera.

<sup>207</sup> ROYAL-TALENS. *Guía completa: Materiales Auxiliares. Pastel-Témpera-Acuarela-Acrílico-Óleo*. [Folleto informativo publicitario]. Apeldoorn; Barcelona: Royal-Talens, Talens España SAV. ca. 2007. p. 28.



## 4.2 COMPROBACIONES

Se comprobarán los resultados que aportan los distintos productos indicados en el apartado 4.1, primero sobre papel secante y después sobre plaquetas de dolomía.

### 4.2.1 SIN INFRAPINTURA

#### 4.2.1.1 Productos aplicados sobre papel secante

Esta comprobación se realiza fundamentalmente para observar las características grasas de los productos y el posible amarilleo de la capa (fig. 158). En el ensayo N° 28 se indican los resultados más significativos (Ver Tabla N° 28).

#### ENSAYO N° 28 PRODUCTOS SOBRE PAPEL SECANTE

**Aplicación: 12-3-2007.** Cada producto se aplica con pincel respectivamente en la zona central de un trozo de papel secante.

**9 meses después de la aplicación. Fotografía realizada el día: 21- 11- 2007.**

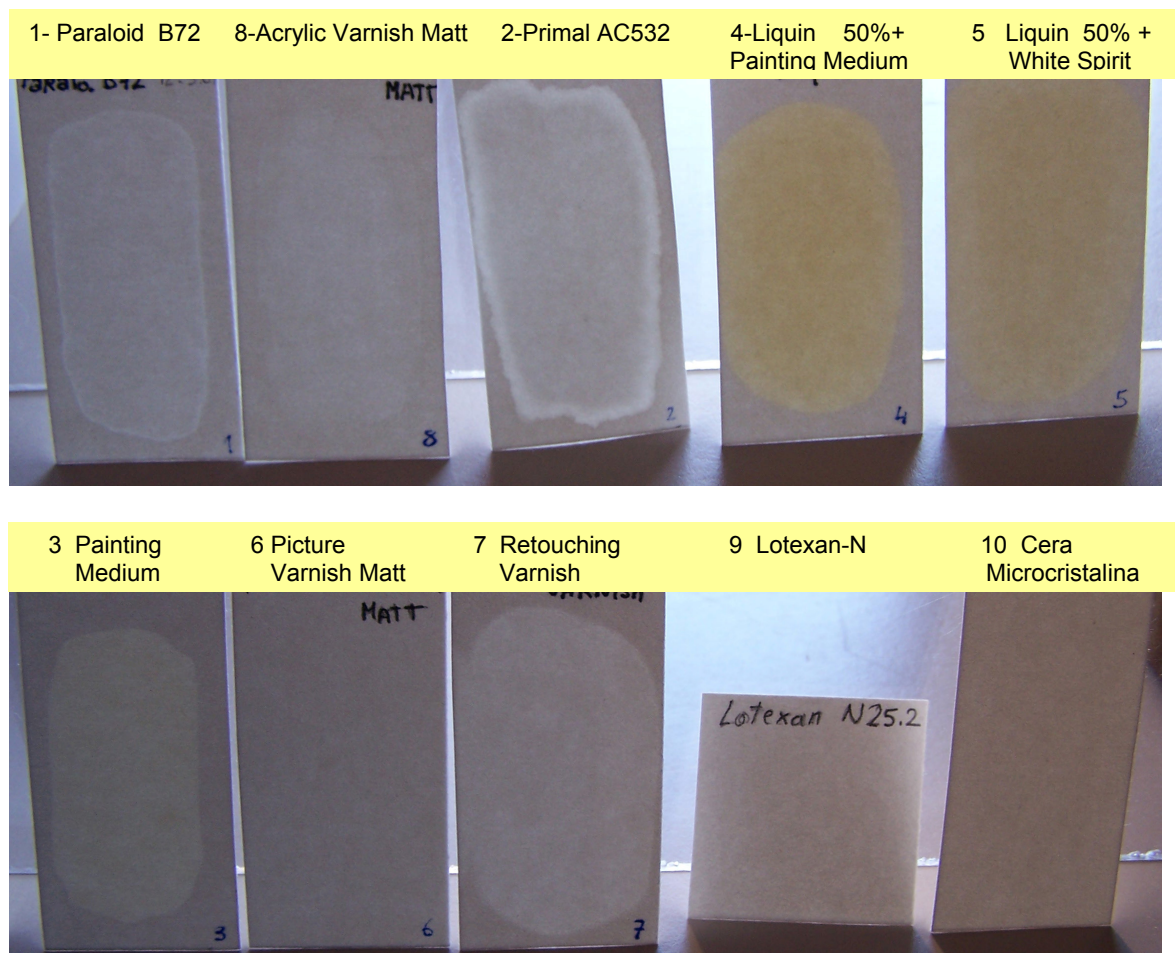


Fig. 158. Fotografía realizada al trasluz, en la que se aprecian los resultados de los productos aplicados sobre papel secante.

#### 4.2.1.2 Productos aplicados sobre dolomía de Bernuy

### ENSAYO N° 29

### PRODUCTOS SOBRE DOLOMÍA

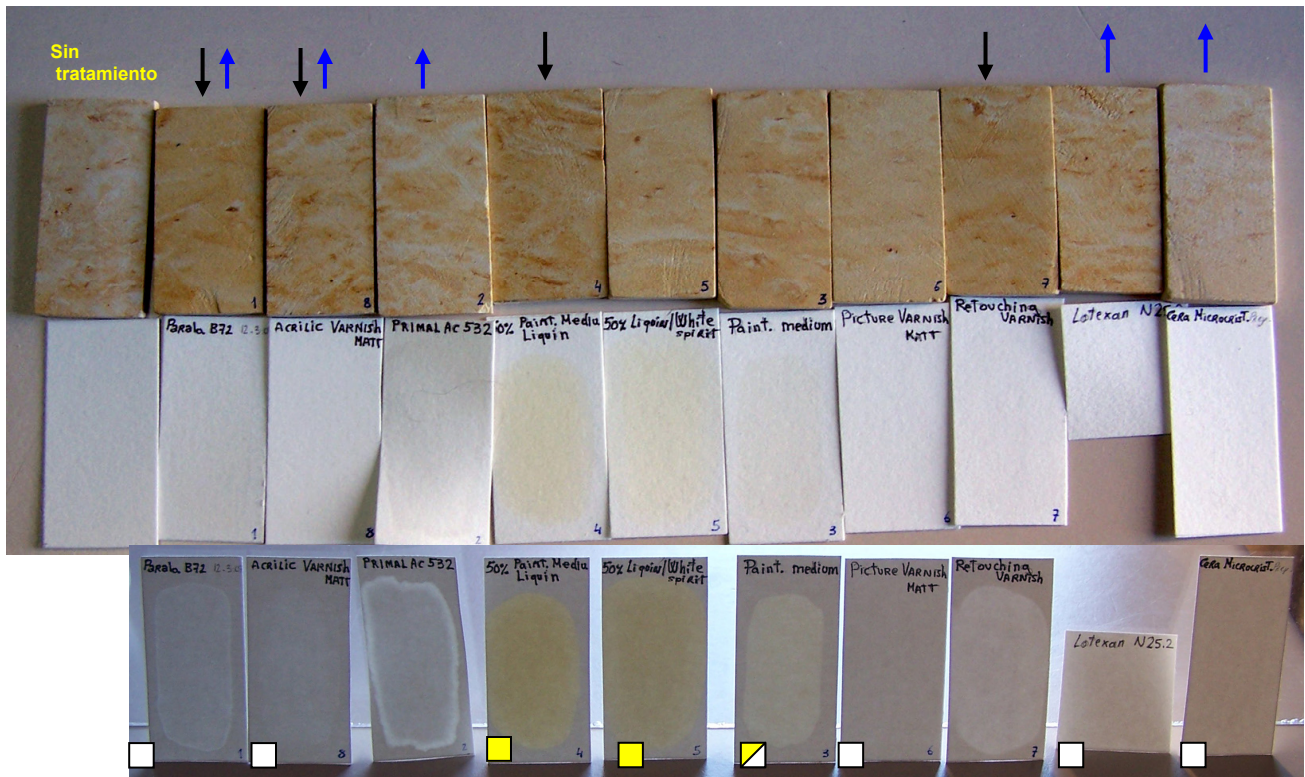


Fig. 159. Resultados de la aplicación de los productos (indicados en el apartado 4.1 Productos) sobre papel secante y sobre dolomía sin imprimación previa.

#### Marcadores:

- ↓ Se observa un aumento considerable de tono respecto a la probeta sin tratamiento.
- Prácticamente transparente, no amarillea sobre el papel secante.
- Amarillea sobre el papel.
- ▣ Amarillea sensiblemente sobre papel.
- ↑ Menor absorción de agua. Aplicación de una microgota de agua destilada sobre la piedra tratada (transcurridos 30 minutos la piedra no se moja).

#### OBSERVACIONES Y SELECCIÓN DE PRODUCTOS:

Después de realizar estas comprobaciones (Ver fig. 159 y tabla de resultados N° 28), se van a descartar los productos que amarillean (marcados con un cuadrado amarillo). Se seleccionan aquellos que enriquecen el tono natural de la piedra (marcados con una flecha negra) y que reducen la absorción de agua del soporte (marcados con una flecha azul). Por

tanto se seleccionan los siguientes productos para su aplicación sobre las probetas policromadas con silicato:

- **Paraloid B-72.** Como imprimación y barniz de acabado
  - penetra en profundidad en la piedra
  - se puede variar el porcentaje de disolución, así como el número de capas
  - muy transparente sobre papel
  - reduce la absorción al agua de la superficie de la piedra
  - aumenta de tono la superficie de la piedra
  - aspecto mate/satinado
- **Acrylic Varnish Matt.** Seleccionado para su posible aplicación como barniz de acabado
  - aumenta considerablemente el tono de la piedra
  - reduce la absorción al agua de la superficie pétrea
  - transparente sobre papel
  - no amarillea
  - aspecto mate
- **Lotexan N** (hidrofugante). Como protección de la piedra ante el agua y humedad que puedan afectar a la superficie e interior de la piedra
  - protección hidrofugante y ante la suciedad
  - no altera el tono ni aspecto de la piedra, muy transparente
  - penetra en profundidad en la piedra

**Tabla nº 28.** Resultados de las pruebas y observaciones, probetas de dolomía y papel secante (fig. 159).

| PRODUCTO                      | SOBRE PAPEL  | SOBRE PIEDRA                           | Microgota S/Piedra                         |
|-------------------------------|--|--|--|
| 1 Paraloid B-72               | Muy transparente<br>No amarillea <input type="checkbox"/>                          | Adquiere tono ↓                        | No absorbe nada ↑                          |
| 2 Primal AC 532               | Transparente<br>Crea un cerco transparente   | No aporta tono<br>Aspecto reseco       | No absorbe nada ↑                          |
| 3 Painting Medium             | Amarillea ligeramente<br>Adquiere algo de tono <input checked="" type="checkbox"/> | Adquiere tono                          | Absorbe rápidamente<br>(la piedra se moja) |
| 4 Painting Médium<br>+ Liquin | Amarillea mucho (muy graso) <input checked="" type="checkbox"/>                    | Adquiere tono ↓                        | Absorción media                            |
| 5 Liquin<br>+ White Spirit    | Amarillea mucho (muy graso) <input checked="" type="checkbox"/>                    | Adquiere menos tono<br>que el anterior | Absorción media                            |
| 6 Retouching<br>Varnish       | Se nota ligeramente el barniz  | Adquiere tono ↓                        | Absorbe rápidamente<br>(la piedra se moja) |
| 7 Acrylic Varnish<br>Matt     | Muy transparente <input type="checkbox"/>  | Adquiere tono muy limpio ↓             | No absorbe nada ↑                          |
| 8 Picture Varnish<br>Matt     | Muy transparente <input type="checkbox"/>  | Adquiere algo de tono<br>pero ligero   | Absorción media                            |
| Lotexan N<br>(hidrofugante)   | Muy transparente <input type="checkbox"/>  | Prácticamente<br>inapreciable          | No absorbe nada ↑                          |
| Cera<br>Microcristalina       | Transparente <input type="checkbox"/>  | Tono blanquecino<br>No adquiere tono   | No absorbe ↑                               |

## 4.2.2 CON INFRAPINTURA AL SILICATO

Se preparan dos series de probetas policromadas respectivamente con las técnicas al silicato Künstlerfarben (Técnica A) y Restauro Lasur. Sobre ellas se aplicarán los productos orgánicos seleccionados en apartado anterior (4.2.1.2 Productos aplicados sobre dolomía de Bernuy) con el fin de variar su aspecto superficial.

### 4.2.2.1 Productos aplicados sobre K. Künstlerfarben (Técnica A)

Infrapintura al silicato: Künstlerfarben-Técnica A. Infrapintura pura al silicato. (Detallada en el Capítulo I. Apartado 2.1.3 K. Künstlerfarben-Técnica A)

Productos seleccionados:

- **Lotexan N.** hidrófobo. Permite la aplicación posterior de productos no acuosos, por ejemplo Paraloid B-72.
- **Paraloid B72.** Como imprimación para reducir la porosidad de la piedra y neutralizar en cierta medida la alcalinidad del silicato, o como barniz final.
- **Óleo.** Técnica grasa elegida para acabar la policromía mediante veladuras.
- **Médium. Painting. Médium** que se utiliza para diluir el óleo en las veladuras
- **Barniz: Acrilic Varnish Matt** como barniz final.

Descripción: Se realizan seis probetas, una se utilizará como referencia y sobre el resto de piezas se experimentará con distintas sucesiones de los productos indicados. Sobre ellas se comprobará su absorción mediante una microgota de agua, observándose si ésta moja la superficie.

## ENSAYO Nº 30 PRODUCTOS ORGÁNICOS S/ SILICATO

Técnica al silicato: Künstlerfarben Técnica A, sobre piedra dolomía de Bernuy.

Pigmentos: (927) Amarillo Óxido y (915) Rojo Inglés Claro de Keim.

**Tabla nº 29.** Serie de fijaciones al silicato de las probetas.

Aplicación pigmento: 12- 3- 2007 10:00h p.m. 23 °C. Sobre la piedra humedecida se aplica el pigmento diluido 1volumen de pigmento hidratado en 4 volúmenes de agua destilada.

Fijaciones:

|             |           |        |      |            |                  |
|-------------|-----------|--------|------|------------|------------------|
| 1ª fijación | 13-3-2007 | 10:00h | 23°C | proporción | (1:3 agua dest.) |
| 2ª fijación | 14-3-2007 | 12:00h | 23°C | proporción | (1:2 agua dest.) |
| 3ª fijación | 17-3-2007 | 6:30h  | 23°C | proporción | (1:2 agua dest.) |
| 4ª fijación | 19-3-2007 | 10:00h | 23°C | proporción | (1:2 agua dest.) |
| 5ª fijación | 1-4-2007  | 8:00h  | 22°C | proporción | (1:2 agua dest.) |



| SILICATO-Téc A<br>Probeta de<br>REFERENCIA | SILICATO- Téc A<br>+ Lotexan N<br>+ Paraloid B72 | SILICATO- Téc A<br>+Paraloid B72 | SILICATO- Téc A<br>+ Lotexan N<br>+ Paraloid B 72<br>+ Veladura óleo | SILICATO- Téc A<br>+ Paraloid B 72<br>+ Veladura oleo | SILICATO- Téc A<br>+ Lotexan N<br>+ Acrylic Varnish<br>Matt |
|--|--|----------------------------------|--|---|---|
| 1  | 2  | 3                                | 4  | 5   | 6   |

Fig. 160. Infrapintura al silicato Técnica A en color Óxido Amarillo y Rojo Inglés. En la parte superior se indican los productos utilizados y orden de las capas superpuestas (Ver tabla 30).

Tabla. 30. Productos y secuencia de aplicación.

| Nº orden | SILICATO  | HIDROFUGANTE                      | RESINA SINTETICA  | ACABADO   |
|----------|-----------|-----------------------------------|---|---|
| 1        | Técnica A | -----                             | -----   | -----   |
| 2        | Técnica A | Lotexan N (2 capas)<br>21-10-2007 | Paraloid B-72 (en<br>acetona al 5%) 2 capas<br>26-10-2007 | -----   |
| 3        | Técnica A | -----                             | Paraloid B-72 (en<br>acetona al 5%) 2 capas<br>26-10-2007 | -----   |
| 4        | Técnica A | Lotexan N (2 capas)<br>21-10-2007 | Paraloid B-72 (en<br>acetona al 5%)<br>19-10-2007         | 2 VELADURAS al óleo*<br>2-11-2007   |
| 5        | Técnica A | -----                             | Paraloid B-72 (en<br>acetona al 5%)<br>19-10-2007         | 2 VELADURAS al óleo*<br>2-11-2007   |
| 6        | Técnica A | Lotexan N (2 capas)<br>21-10-2007 | -----   | Acrylic Varnish Matt<br>2 capas finas (19-10-2007)<br>1 capa fina (2-11-2007) |

**\* Sucesión de veladuras al óleo aplicadas:**

1ª veladura: Aplicada en toda la superficie de la pieza. Amarillo - Nº 730 Winsor Yellow. Winsor & Newton. Permanencia A / Serie 2. Diluido con el medio para óleo, Painting Médium (083) Talens (Oil Colour).

2ª veladura: Aplicación sólo a la parte derecha de las piezas tratadas. Naranja – Nº 724. Winsor Orange. Winsor & Newton. Permanencia A / Serie 2. Diluido con el medio para óleo, Painting Médium (083) Talens (Oil Colour).

## **OBSERVACIONES**

**Probeta N° 1.** Pieza de referencia. Muestra la infrapintura al silicato con su aspecto natural aplicada en todas las probetas de este ensayo.

**Probeta N° 2.** Al utilizarse Lotexan N y después Paraloid B-72 disminuye la absorción superficial de la probeta y aumenta el tono de la piedra más que la probeta N° 3 (tratada solamente con Paraloid B72).

El tratamiento con hidrofugante y la aplicación de Paraloid reduce la absorción de la piedra y evita el contacto directo de una posible veladura o barniz graso con la superficie alcalina de la pintura al silicato.

**Probeta N° 3.** Respecto a la pieza de referencia N° 1, ésta probeta está únicamente tratada con Paraloid, y presenta una reducción de la absorción y un ligero aumento de tono, aunque menor que la N° 2.

**Probetas N° 4 y N° 5.** En estas dos piezas se observa un significativo cambio de tono. La primera veladura amarilla queda con un acabado mate, mientras que la segunda aporta un acabado satinado con pequeñas zonas de rechupados, por lo que sería conveniente la aplicación de un barniz de acabado (Ver probeta N° 6).

De las dos, es menos absorbente la probeta N° 4 previamente tratada con hidrofugante, en ella la segunda veladura (naranja) presenta algo más de brillo, siendo el acabado final de ambas piezas muy satisfactorio. La pintura al silicato adquiere un aspecto lustroso y lleno de viveza, complementado con el tono transparente aportado por la veladura al óleo.

**Probeta N° 6.** Esta probeta se ha realizado para aquellas piezas que no requieran acabado con veladura al óleo, pero que necesiten que la pintura al silicato adquiera mayor profundidad de color. El tratamiento es sencillo ya que solamente se ha aplicado un barniz mate después de la hidrofugación. No se descarta la aplicación de Paraloid previa al barniz.

#### 4.2.2.2 Productos aplicados sobre Restauro Lasur.

Infrapintura al silicato: Restauro Lasur. Infrapintura hidrofugada al silicato (silicato potásico en dispersión con resinas de acrilato y resina de silicona). (Descripción en Capítulo I. Apartado 2.1.1 K. Restauro-Lasur).

Productos:

- **Paraloid B72.** Como imprimación para neutralizar en cierta medida la alcalinidad del silicato o como barniz final.
- **Óleo.** Técnica grasa elegida para acabar la policromía mediante veladuras.
- **Médium. Painting.** Médium que se utiliza para diluir el óleo en las veladuras
- **Barniz: Acrilic Varnish Matt.** Como barniz final.

Descripción: Se realizan cuatro probetas, una de referencia y sobre las restantes se experimentan los productos indicados.

### ENSAYO Nº 31 PRODUCTOS ORGÁNICOS SOBRE SILICATO

Técnica al silicato: Restauro Lasur diluido con Spezial Fixativ, sobre piedra dolomía de Bernuy.

Pigmentos: (9002) Ocre y (9003) Rojo Óxido.

**Tabla nº 31.** Aplicación de las probetas.

| <u>Aplicación:</u> |             |         |      |                                     |
|--------------------|-------------|---------|------|-------------------------------------|
| 1ª Capa            | 12- 3- 2007 | 10:15h. | 23°C | (diluida al 50% en Spezial Fixativ) |
| 2ª Capa            | 13-3-2007   | 12:00h  | 23°C | (diluida al 50% en Spezial Fixativ) |

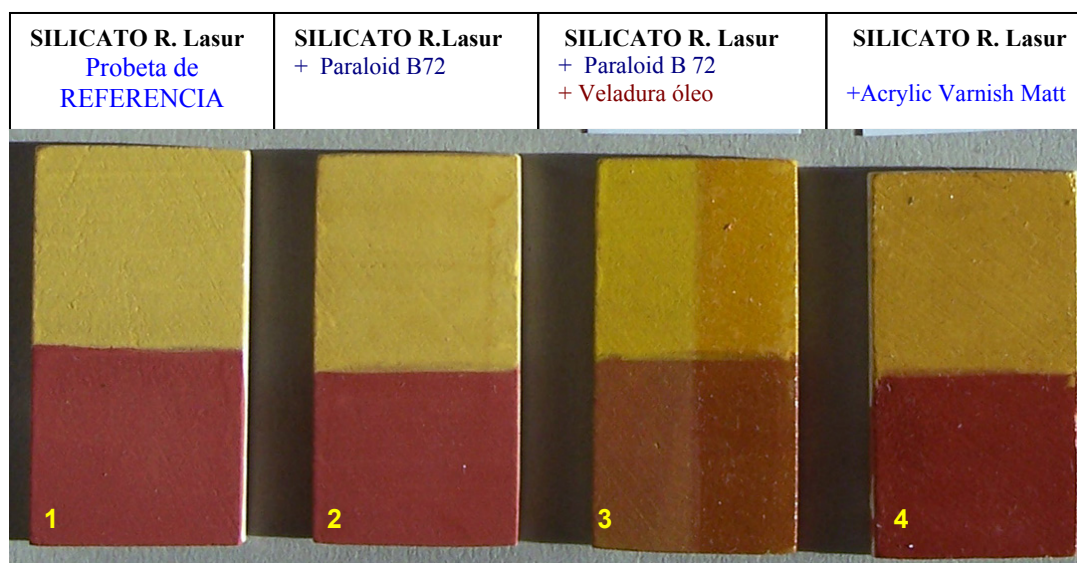


Fig. 161. Infrapintura al silicato K. Restauro Lasur en color Ocre y Rojo Óxido. En la parte superior se indican los productos utilizados y orden de las capas superpuestas. (Ver tabla 32).

**Tabla. 32** .Productos y secuencia de aplicación.

| Nº orden  | SILICATO Hidrofugado | RESINA SINTÉTICA   | ACABADO  |
|---|----------------------|--|--|
| 1   | Restauro Lasur       | -----  | -----  |
| 2   | Restauro Lasur       | <b>Paraloid B-72</b><br>(en acetona al 5%) 2 capas.<br>Fecha: 19-10-2007 | -----  |
| 3   | Restauro Lasur       | <b>Paraloid B-72</b><br>(en acetona al 5%) 2 capas.<br>Fecha: 19-10-2007 | <b>2 VELADURAS al óleo*</b><br>2-11-2007   |
| 4   | Restauro Lasur       | -----  | <b>Acrylic Varnish Matt</b><br>2 capas finas (19-10-2007)<br>1 capa fina (2-11-2007) |
| <p><b>* Sucesión de veladuras al óleo aplicadas:</b></p> <p><u>1ª veladura:</u> Aplicada en toda la superficie de la pieza. Amarillo - Nº 730 Winsor Yellow. Winsor &amp; Newton. Permanencia A / Serie 2. Diluido con el medio para óleo, Painting Médium (083) Talens (Oil Colour).</p> <p><u>2ª veladura:</u> Aplicación sólo a la parte derecha de las piezas tratadas. Naranja – Nº 724. Winsor Orange. Winsor &amp; Newton. Permanencia A / Serie 2. Diluido con el medio para óleo, Painting Médium (083) Talens (Oil Colour).</p> |                      |  |  |

## **OBSERVACIONES**

**Probeta Nº 1.** Pieza de referencia de la técnica al silicato.

**Probeta Nº 2.** Con las dos capas de Paraloid adquiere algo de tono pero poco significativo. Pese a que esta técnica tiene un contenido de materia orgánica e hidrofugante la absorción de Paraloid es correcta, únicamente se observa la formación de un ligero cerco en la parte derecha de la pieza producido por acumulación de producto.

**Probeta Nº 3.** Los colores al silicato adquieren mayor intensidad y tono con la primera veladura amarilla, quedando su superficie mate. Con la segunda veladura (naranja) la probeta adquiere mayor profundidad de color y un aspecto satinado. Se observan pequeñas zonas con rechupado por lo que sería conveniente aplicar un barniz final mate para uniformar el brillo de la pieza.

**Probeta Nº 4.** Aplicación de barniz para aquellas piezas en las que únicamente se desee aumentar la intensidad y aspecto de los colores del silicato. También se puede aplicar como capa acabado de veladuras al óleo.



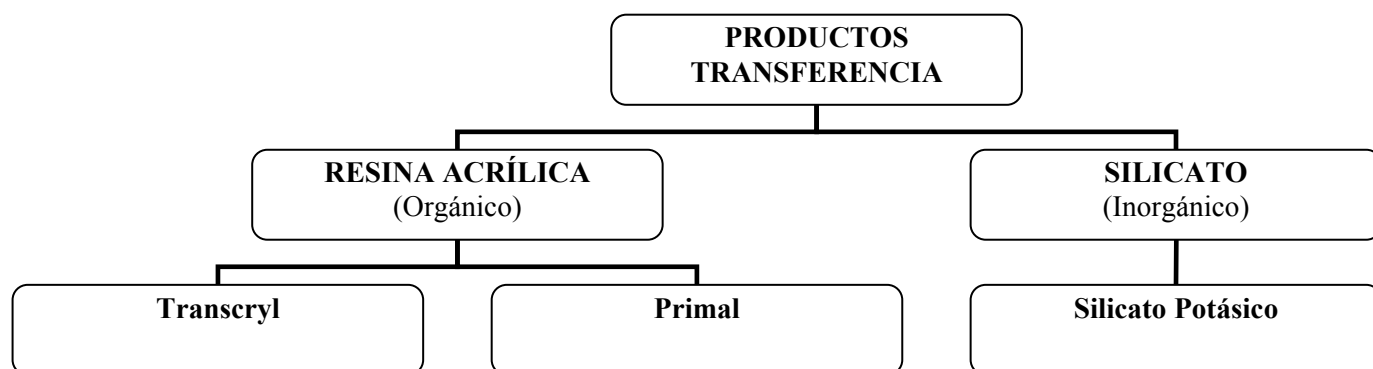
## 5. TRANSFERENCIA DE IMÁGENES DIGITALES A DOLOMÍA

La imagen como reproducción bidimensional de la realidad es un medio de comunicación, de transmisión de conocimiento y objeto de creación artística muy eficaz cada vez es más utilizado en el arte contemporáneo.

Actualmente la impresión de imágenes sobre objetos se realiza en ámbitos industriales con medios de impresión tridimensional. Una alternativa para el artista es utilizar un procedimiento sencillo de transferencia de imágenes utilizando un adhesivo de resina orgánica. A diferencia de los silicatos, los adhesivos orgánicos son efectivos prácticamente sobre cualquier material, tanto orgánico como inorgánico que presente cierta porosidad.

La transferencia de imágenes digitales, en el ámbito de la policromía artística aumenta las posibilidades cromáticas que se pueden llevar a cabo sobre la escultura. Su estudio en este capítulo surge a raíz de unas probetas realizadas con silicato potásico, en las que se vislumbran las posibilidades del producto en la transferencia de imágenes fotográficas digitales (Apartado 5.3 Transferencia con silicato potásico). En este caso se trata de adherir un material orgánico (papel y/o imagen impresa) mediante silicato potásico a un soporte inorgánico de dolomía (Ver esquema 4). Pese a que primero se realizó la investigación utilizando silicatos, a continuación, en este primer apartado, se expondrá la transferencia con resinas acrílicas, fundamentalmente para facilitar la comprensión del proceso y los materiales seleccionados fruto de la investigación con silicatos que se verá más adelante.

**Esquema 4.** Productos que se van a utilizar en las transferencias sobre dolomía.



Los resultados específicos con los materiales experimentados variarán si se utilizan otros productos, por ejemplo en cuanto a estabilidad a la luz de las tintas, papel de impresión y transferencia de la imagen, tipo de silicato, etc. Lo importante es que con materiales de características análogas, el procedimiento y metodología de transferencia será el mismo, pero será preciso realizar una comprobación previa.

## 5.1 MEDIOS PARA REALIZAR LAS TRANSFERENCIAS

### 5.1.1 IMÁGENES DIGITALES EMPLEADAS

#### 5.1.1.1 Impresión de tinta e impresión láser

Se escogen dos tipos de impresión digital “tipo” a los que cualquier persona puede tener acceso, siendo: impresión de tinta e impresión láser. Con ambas impresiones se realiza una comprobación de resistencia a la luz de las imágenes obtenidas (Ver 5.1.2.2 Resistencia a la luz solar). También se realizará algún ensayo de transferencia con imágenes tipo off set y cuyos resultados se irán indicando en los ensayos específicos.

Se puede utilizar cualquier tipo de impresión (tinta y láser) y fundamentalmente variará la estabilidad a la luz de las tintas y tóner. Sin embargo los papeles han de presentar características análogas a los que se han utilizado en estas pruebas, ya que como se indicará algunos papeles no son válidos para realizar una transferencia.

#### ***Impresión láser/color***

Impresora. Copiadora/Impresora XEROX - DocuColor™ 12, impresión láser especial para copias en color e impresoras digitales (Fig.162).

Las impresoras láser constan de un tambor fotosensible que gira y sobre él se forma, mediante un haz de luz laser, una imagen de puntos electropositivos. Estos puntos atraerán las partículas electronegativas del tóner quedando adheridas al tambor. Después se adherirán al papel (previamente cargado de energía positiva) cuando éste pasa junto al tambor que sigue girando. La imagen de color se produce por cuatro vueltas de tambor y los colores se fijan posteriormente al papel mediante calor.<sup>208</sup>

---

<sup>208</sup> VANDEN BOSCH, Leandro. “Sistemas de computación: Resumen de Impresoras”, [en línea].Argentina: Monografias.com S.A. <http://www.monografias.com/trabajos5/resudeimp/resudeimp.shtml?monosearch/f> [Fecha consulta: Agosto 2008]



Fig. 162. Impresora láser color antigua.

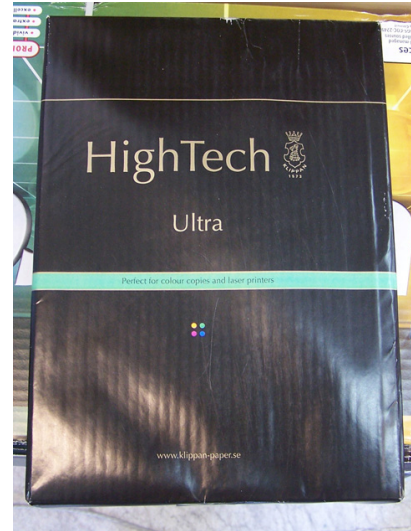


Fig. 163. Papel de impresión HighTech.



Fig. 164. Papel marca Future-Paper, Imagetech de 100g/m<sup>2</sup>

Papel: Se ha empleado el papel especial para copias en color e impresión láser color, marca Klippan- High Tech Ultra de 100g/m<sup>2</sup>. También el de la marca comercial Future – paper, Imagetech de 100g/m<sup>2</sup>, de calidad profesional para copias en color e impresión láser. Ambos papeles proporcionan los mismos resultados (figs. 163 y 164)

### ***Impresión de tinta***

Impresora. Impresora Canon i 965 de impresión directa por inyección de burbuja con seis cartuchos de tinta (Fig. 165).

*“En un tipo de cabezal ("Bubble-jet") esto último se consigue por el calor que generan resistencias ubicadas al fondo de los microconductos (figura 2.79.a). Para tal fin, el microprocesador ordena enviar un corto pulso eléctrico a las resistencias de los microconductos que deben disparar una gota. Esto hace calentar brevemente a la temperatura de ebullición, la tinta de cada uno de esos microconductos, con lo cual en el fondo de ellos se genera una burbuja de vapor de tinta (figura 2.79.b). Esta al crecer en*

*volumen presiona la tinta contenida en el conducto, y desaloja por la boca del mismo (en un milisegundo) un volumen igual de tinta que forma una gota [...].”<sup>209</sup>*

**Papel** Se ha empleado papel marca Canson - Photo Paper (Premium Quality, Inkjet Glossy Photo Paper) brillante, de 180 gr. 2800 dpi (puntos por pulgada) resistente al agua y de alta calidad para impresoras de tinta (fig. 166). Es un papel económico y se podrían utilizar papeles análogos. Sin embargo, papeles más caros de calidad extra y alto brillo no son adecuados para transferencia (Ver apartado 5.3.2.1 Tipo de papel), ya que la parte posterior del papel no es porosa lo cual se puede comprobar a simple vista. .



Fig.166. Paquete de papel fotográfico para impresión de tinta.



Fig. 165. Impresora de tinta por inyección de burbuja.

### 5.1.2.2 Resistencia a la luz solar.

## ENSAYO N° 32

## Imágenes digitales y exposición al sol

Es importante considerar la estabilidad a la luz de las impresiones digitales. En general respecto a las impresiones de tinta Leandro Vander Bosch indica que: *“Estas impresoras son lentas, y los colores pueden decolorarse con el tiempo. Por su relativo bajo costo son adecuadas para impresiones semiprofesionales.”* Mientras que sobre la impresión láser indica que *“Se obtienen imágenes brillantes y duraderas. No requieren papeles especiales”*.<sup>210</sup>

<sup>209</sup> VANDEN BOSCH, Leandro. “Sistemas de computación: Resumen de Impresoras”, [en línea].Argentina: Monografias.com S.A. <http://www.monografias.com/trabajos5/resudeimp/resudeimp.shtml?monosearch/f> [Fecha consulta: Agosto 2008]

<sup>210</sup> VANDEN BOSCH, Leandro. “Sistemas de computación: Resumen de Impresoras”, [en línea].Argentina: Monografias.com S.A. <http://www.monografias.com/trabajos5/resudeimp/resudeimp.shtml?monosearch/f> [Fecha consulta: Agosto 2008]

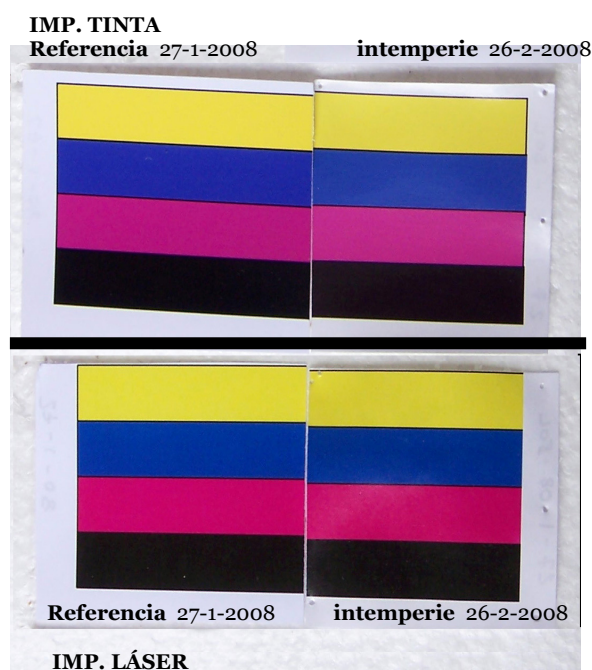


**Descripción:** Los papeles de las impresiones digitales indicadas anteriormente se exponen a la luz solar directa en un lugar cerrado, en horizontal y protegidos de la intemperie por un cristal. Estos papeles han soportado un rango de temperaturas máximas de más de 40 °C en los meses de verano y mínimas entre los -2 °C y -8 °C en invierno, con una incidencia solar constante durante las horas diurnas.

### 1 mes de exposición al sol, del 27 de Enero 2008 a Febrero 2008

Aunque durante los meses de invierno la incidencia solar es menor, después de un mes de exposición al sol se observa una leve pérdida de color en el papel correspondiente a la impresión de tinta (figs. 167 y 168). En el papel correspondiente a la impresión láser no se observan diferencias significativas.

Fig. 167. Colores impresos sobre los papeles que se van a experimentar. A la izquierda, la imagen de referencia y a la derecha la que ha estado expuesta al sol durante un mes.



### IMPRESIÓN DE TINTA



Fig. 168. Imágenes digitales, por impresión de tinta (arriba) e impresión láser (abajo). Las dos imágenes han estado un mes de exposición al sol.



### IMPRESIÓN LÁSER

#### 4 Meses de exposición al sol, del 27 de Enero 2008 a Mayo 2008



Fig.169. Imágenes digitales de referencia y después de cuatro meses de exposición al sol según se indica en la fotografía.

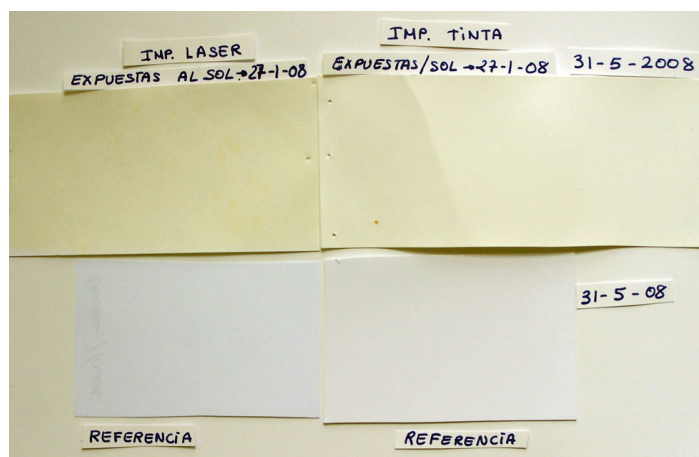


Fig.170. Papeles de impresión utilizados después de cuatro meses de exposición al sol.

Importante pérdida de color de las muestras de impresión de tinta, además de presentar variación de colores, sobre todo los cálidos que toman un tono azulado (fig. 169).

El papel de impresión también adquiere un color amarillento, sobre todo el empleado en impresión láser (izquierda fig. 170), y algo menos el papel para impresión de tinta (derecha fig. 170).



8 Meses de exposición al sol, del 27 de Enero 2008 a Septiembre 2008

Fig. 171. Imágenes digitales láser. Muestras de referencia a la izquierda y después de ocho meses de exposición al sol a la derecha.



Fig.172. Ensayo de resistencia a la luz. Imágenes digitales de impresión de tinta.



### **OBSERVACIONES (8 meses de exposición a la luz solar)**

Los colores de la imagen digital obtenida por impresión láser se han decolorado levemente, observándose la imagen en general con un tono más claro por la pérdida de intensidad del negro. La imagen de impresión láser es muy adecuada para realizar transferencias y además con una resistencia a la luz bastante adecuada. Dado que para la fijación de las imágenes láser se utiliza calor, esta probeta ha sido afectada por las altas temperaturas que se han producido durante los meses de verano en el interior del lugar de exposición, lo que ha provocado que se desprendan algunas partículas de color del tóner de esta imagen, lo cual se puede observar en la parte izquierda de la imagen expuesta al sol (fig. 171).

En la imagen de impresión de tinta los colores han desaparecido, sobre todo los tonos cálidos del magenta y amarillo, únicamente se observa cierta referencia a la imagen aportada por un tono decolorado azulado correspondiente a las zonas oscuras de la imagen digital impresa (fig. 172).

Según esta comprobación y dada la escasa estabilidad a la luz de la impresión de tinta descrita, no es conveniente utilizar el tipo de tinta y la impresora indicada, siendo recomendable utilizar tintas con buena resistencia a la luz. Lo más importante es que, aunque se utilice otra impresora y tintas, la metodología y producto para realizar la transferencia va a ser la misma que se va a describir a continuación.

## **5.1.2 PRODUCTOS UTILIZADOS PARA REALIZAR LAS TRANSFERENCIAS**

### **5.1.2.1 Medio orgánico: Resinas acrílicas.**

Para los ensayos se seleccionan dos productos cuya fabricación y composición son diferentes pero cuya materia prima básica es la resina acrílica Primal. Se eligen estos dos productos por su calidad, fácil adquisición, baja toxicidad, fácil limpieza y sobre todo con el fin de comprobar y contrastar los resultados de ambos con los que se obtengan de la transferencia con silicato.

Los medios acrílicos que se van a indicar se han empleado para transferir imágenes directamente o como productos auxiliares intermedios para realizar la transferencia.



**Médium de transferencia : TRANSCRYL TRANSFER MEDIUM Lefranc & Bourgeois.**

Resina acrílica (Primal) con el nombre comercial de Transcryl, este producto está indicado “para reproducir por transferencia, una imagen previamente impresa en un papel no satinado”<sup>211</sup> es decir fotocopias en blanco/negro y láser (color). Su transferencia se ha de realizar sobre soportes lisos, no siendo adecuados los soportes no absorbentes o grasos.

Es un líquido blanquecino y viscoso con olor amoniacal característico del Primal AC-33 <sup>212</sup> (fig. 173), muy transparente cuando seca. Se diluye con agua.

Fig.173. Médium especial para transferencias Transcryl.



**PRIMAL AC 532 K, Empresa fabricante Manuel Riesgo S.A.**

Resina acrílica Primal AC 532 K. Líquido blanquecino, muy fluido y transparente cuando seca, inodoro (fig. 174). Se diluye con agua.

Fig. 174. Izquierda bote de Primal Ac 532 K.



Fig.175. Imágenes sobre las que se han aplicado ambos productos respectivamente, se observa el tono más azulado de la resina acrílica Transcryl.

Entre los dos productos acrílicos experimentados se observa que Transcryl presenta una consistencia más densa, y requiere un control de su fluidez mediante la adición de agua, ya que si su consistencia es demasiado espesa formaría una capa excesiva e innecesariamente gruesa para el pegado de la transferencia. La densidad de las resinas acrílicas varía dependiendo del tiempo que

<sup>211</sup> Ver ficha técnica, instrucciones de uso del producto: Transcryl Transfer Médium- Lefranc & Bourgeois. Anexo V.2 Resina acrílica Transcryl.

<sup>212</sup> **Primal AC-33.** “Es un copolímero acrílico de composición semejante al Paraloid B-72 pero en dispersión acuosa. Blanquecino, y de olor amoniacal. Soluble en agua pero una vez endurecido es reversible en disolventes orgánicos (xileno, tolueno).” CALVO, Ana. Conservación y restauración: Materiales, técnicas y procedimientos. De la A a la Z. Barcelona: Serbal, 1997. p. 179.

han estado almacenadas, adquiriendo una consistencia cada vez más viscosa por evaporación del agua en el que están dispersas. En este caso se ha añadido una pequeña proporción de agua a la resina Transcryl para lograr una consistencia más fluida. El Primal es un producto fluido y por tanto las capas aplicadas son más finas.

### 5.1.2.2 Medio inorgánico: Silicato potásico

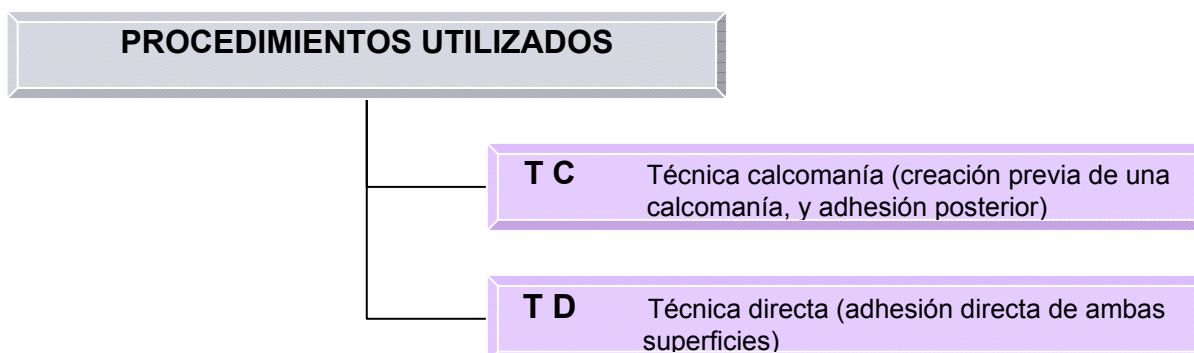


Se ha escogido silicato potásico 34° Líquido de la empresa Manuel Riesgo S.A. (fig. 176), ya que al ser más viscoso ofrece mejores resultados de adhesión en la transferencia de imágenes. (5.3 transferencia con silicato potásico).

Fig.176. Silicato potásico líquido.

### 5.1.3 PROCEDIMIENTOS

*Esquema 5. Procedimientos de transferencia utilizados sobre dolomía.*



### 5.1.3.1 Transferencia indirecta TC, por adhesión de calcomanía.

Es un procedimiento de transferencia sencillo que consiste en crear una calcomanía partiendo de la imagen digital. El motivo a transferir ha de recortarse con un margen mínimo de 5mm en todos los lados (para que no se deterioren los bordes). Después se aplicarán cuatro capas superpuestas de cualquiera de las resinas acrílicas (indicadas en el punto anterior) sobre la cara impresa de la imagen a transferir, extendidas perpendicularmente unas a otras y respetando un tiempo de secado mínimo entre capas sucesivas de 30 minutos (fig. 177).

*Fig.177. Primera capa de producto.*



Transcurridas 24 horas se recorta la zona a transferir y se sumerge en agua. Al cabo de unos minutos el papel de la parte posterior puede separarse con facilidad (fig. 178), quedando la imagen impresa adherida a la película flexible de plástico (fig. 179). Después se coloca sobre una superficie no absorbente y humedeciéndola se eliminan los restos de papel suavemente frotando con un trapo mojado<sup>213</sup> (fig. 180).



*Fig.178. Se despegua la capa de papel.*

*Fig.179. Capa de plástico con la imagen a adherir.*



Ahora se aplicaría el adhesivo de resina acrílica sobre la superficie mate que correspondía a la zona posterior de la impresión, e inmediatamente se coloca sobre la superficie o soporte que tengamos preparado, en este caso dolomía, presionando del centro hacia los extremos para que salgan las burbujas de aire.

El resultado es una imagen transferida que presenta una capa con el brillo propio de la capa de resina acrílica.

*Fig. 180. Limpieza de los restos de papel de la imagen.*



<sup>213</sup> Instrucciones de uso del producto: Transcryn Transfer Médium- Lefranc & Bourgeois. (ver Anexo V.2 Resina acrílica Transcryn.)



### 5.1.3.2 Transferencia directa, TD, Imagen inversa.

La transferencia se puede realizar por otro procedimiento más rápido. Consiste en aplicar la resina acrílica al soporte y a la imagen a transferir (fig. 181 y 182). Inmediatamente, sin que seque el producto, se ponen en contacto ambas superficies (la imagen sobre el soporte), y se presiona suavemente del centro al exterior de la imagen para que salgan las posibles burbujas de aire (fig. 183). Se deja secar 24 horas.

Figs. 181-182. Aplicación de resinas acrílicas, Transcryl y Primal.

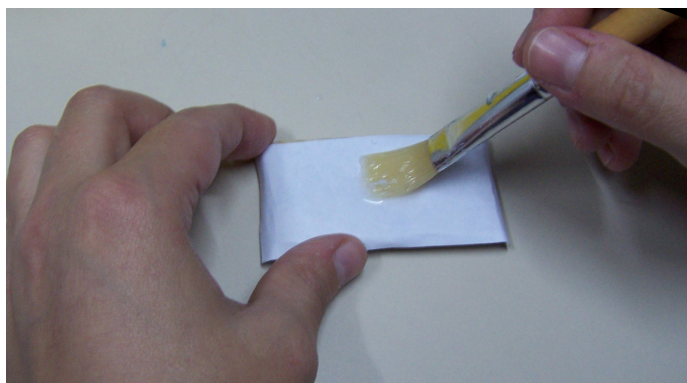


Fig.183. Se ponen en contacto las dos superficies con resina, soporte e imagen. La imagen quedará invertida.

Al día siguiente se humedece la parte posterior con agua (figs. 184 y 185) y se elimina el papel suavemente con un trapo o con el dedo (figs. 186 y 187).



Fig. 184. Puede humedecerse el papel mediante un pincel, brocha o esponja limpia. Es preferible utilizar agua destilada.





Es importante tener en cuenta que la imagen transferida por este método queda invertida, por eso ha de imprimirse invertida para que así la transferencia quede con la imagen en el sentido que queremos.

En ambos métodos de transferencia descritos es imprescindible que no queden burbujas atrapadas entre la imagen y la piedra, ya que producirían la falta de adhesión de la imagen en esa zona. Esto es importante en el tipo de transferencia directa, ya si queda alguna burbuja ocasionaría el desprendimiento de la imagen al frotar en esa zona por falta de adhesión. Para evitarlo es preciso colocar con cuidado el papel impregnado con adhesivo sobre la piedra, comenzando a ponerlo en contacto desde un extremo al otro y presionando suavemente en esa dirección para facilitar la salida del aire. También se puede presionar del centro a los extremos de la pieza, aplicando después una ligera presión con la palma mano o con un trapo de algodón seco en toda la superficie.



*Fig.185. El humedecimiento del papel puede realizarse mediante un pincel o brocha limpia o con una esponja, siendo preferible utilizar agua destilada.*



*Figs. 186 y 187 .El papel se humedece y ablanda rápidamente, después se puede retirar fácilmente con la mano o con una espátula metálica teniendo cuidado de no dañar la imagen transferida.*

Se puede utilizar una espátula metálica o de madera para desprender el papel de la parte posterior si éste está muy adherido, pero normalmente no es necesario y se puede dañar fácilmente la imagen (fig. 186). El mejor resultado se ha obtenido frotando sobre el papel humedecido con un trapo de algodón seco y limpio (fig. 188), también se puede eliminar con la yema del dedo.



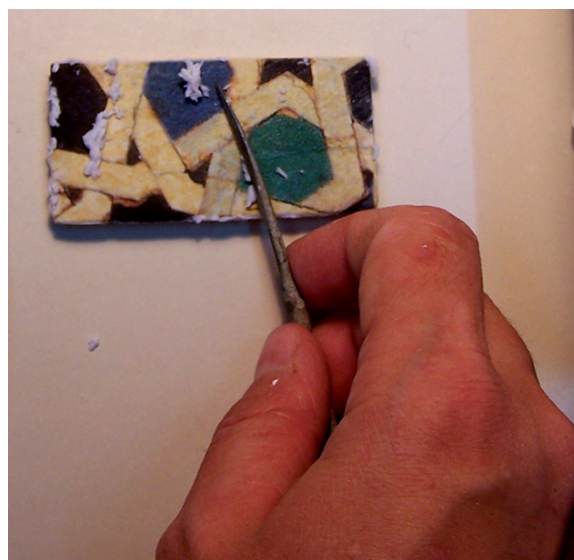
*Fig.188 .El método más rápido de eliminar el papel de la parte posterior de la imagen es frotando suavemente con un trapo de algodón suave humedecido.*



*Fig.189. En esta probeta aún quedan restos de papel, por lo que es preciso humedecer y frotar de nuevo.*

El resultado final es una transferencia de la imagen con aspecto muy mate y en sentido invertido al de la imagen impresa.

*Fig. 190. Insistir con cuidado hasta la completa eliminación del papel.*





## 5.2 TRANSFERENCIA DE IMAGEN DIGITAL CON MEDIOS ACRÍLICOS

Los productos utilizados se encuentran detallados en el apartado 5.1.2.1 Medio orgánico: Resinas acrílicas.

### 5.2.1 TD. METODO DE TRANSFERENCIA DIRECTA.

Con este método la imagen queda transferida sobre el soporte en sentido inverso a la imagen impresa (ver procedimiento de este método en el apartado 5.1.3.2 transferencia directa TD, Imagen inversa)

#### 5.2.1.1 Imágenes impresas en: fotocopia en B/N, láser, off set, tinta.

Ensayos N° 33, 34, 35 y 36.

#### ENSAYO N° 33 FOTOCOPIA Blanco/Negro (Tóner negro)

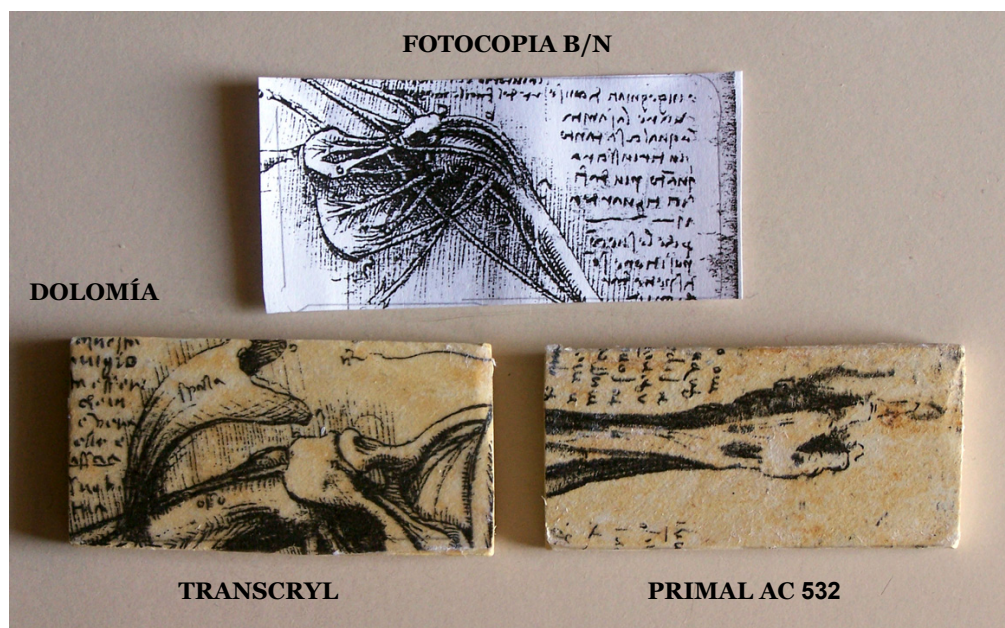


Fig.191. Transferencias sobre dolomía de Bernuy de una imagen fotocopiada en Blanco y Negro, de un fragmento de los dibujos de Leonardo Da Vinci<sup>214</sup>

Procedimiento: Transferencia directa (método TD) con resinas acrílicas (fig. 191).

Fecha de realización: 12-01-2008.

Observaciones: En las transferencias de fotocopias en blanco y negro las zonas en blanco, que correspondían al blanco del papel quedan completamente transparentes, por lo que en esas zonas se puede observar el material de soporte (dolomía de Bernuy). Las zonas impresas quedan en negro, y el resultado es como si hubieran sido impresas directamente sobre la piedra.

Aspecto mate general en las dos probetas y no se observan diferencias de uso o acabado entre los dos productos acrílicos experimentados.

<sup>214</sup> DA VINCI, Leonardo. *Leonardo on the Human Body*. New York: Dover Publications, INC 1983. p. 133 y 141.

## ENSAYO Nº 34

## IMPRESIÓN: FOTOCOPIA LÁSER COLOR

Procedimiento: Transferencia directa con Transcryn (método TD).

Fecha de realización: 12-01-08.

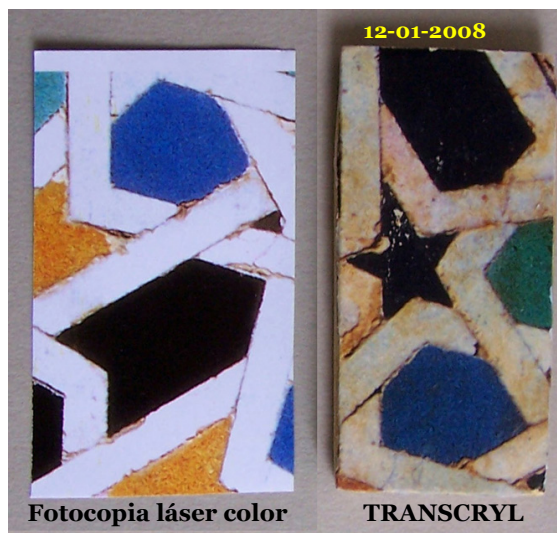
*Fig.192. Transferencia sobre dolomía de Bernuy de una imagen láser en color.*



Observaciones: En esta transferencia las zonas sin tóner quedan transparentes, apreciándose el tono de la piedra bajo una capa plástica muy transparente y fina, el acabado superficial es mate (fig. 192). Los colores de la imagen en la transferencia tienen prácticamente los mismos tonos que en la impresa con algún cambio de tonalidad ya que la superficie pétrea es color crema. La imagen queda inversa, lo cual se puede observar en la (fig. 193).



*Fig.193. Transferencia sobre dolomía de Bernuy de una imagen impresión láser color. Los blancos del papel quedarán del tono del material que sirve de soporte, en este caso la dolomía de Bernuy y la imagen queda inversa. Houses of Parliament y Big Ben, London. Fot. A. Sánchez Davía.*



*Fig.194. Transferencias sobre dolomía de Bernuy de una fotocopia imagen láser color de una filigrana geométrica de trozos de baldosín conocida como Zillij de una fotografía de Peter Sanders.<sup>215</sup>*

<sup>215</sup> WERNER, Louis. "Zillij in Fez". En *Saudi Aramco World*. May/June 2001. Published Bimonthly, Vol. 52, No. 3. (Houston, Texas, USA). pp. 18-19



## ENSAYO Nº 35

## IMPRESIÓN OFF SET

Para este ensayo se ha elegido una imagen en color y otra en blanco y negro de impresión tipo off set usada para la impresión de periódicos.

El tipo off set es un sistema de impresión planográfico ya que la imagen a imprimir se encuentra al mismo nivel superficial, en el que se utilizan básicamente cuatro tintas CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black)

*“Se basa en el principio de que el agua y el aceite no se mezclan. El método usa tinta con base de aceite y agua. La imagen en la placa recibe la tinta y el resto la repele y absorbe el agua. La imagen entintada es transferida a otro rodillo llamado mantilla, el cual a su vez lo transfiere al sustrato. Por eso se le considera un método indirecto.”<sup>216</sup>*



Fig.195 y 196. Transferencias sobre dolomía de Bernuy de imágenes de periódico (Adelantado de Segovia de fecha 2-12-2007), en color a la izquierda y blanco y negro a la derecha.

Procedimiento: Transferencia directa (método TD) con las resinas indicadas (fig.195 y 196).

Fecha de realización: 12-01-08.

Observaciones: En ambas se aprecia el tono de la piedra por transparencia, incluso en las zonas impresas. Se observan las mismas características de transferencia independientemente de los productos utilizados (Primal o Transcryn). Los resultados son aplicables a cualquier imagen de cualquier tipo de periódico ya que son del tipo off set y los tipos de papel son muy similares.

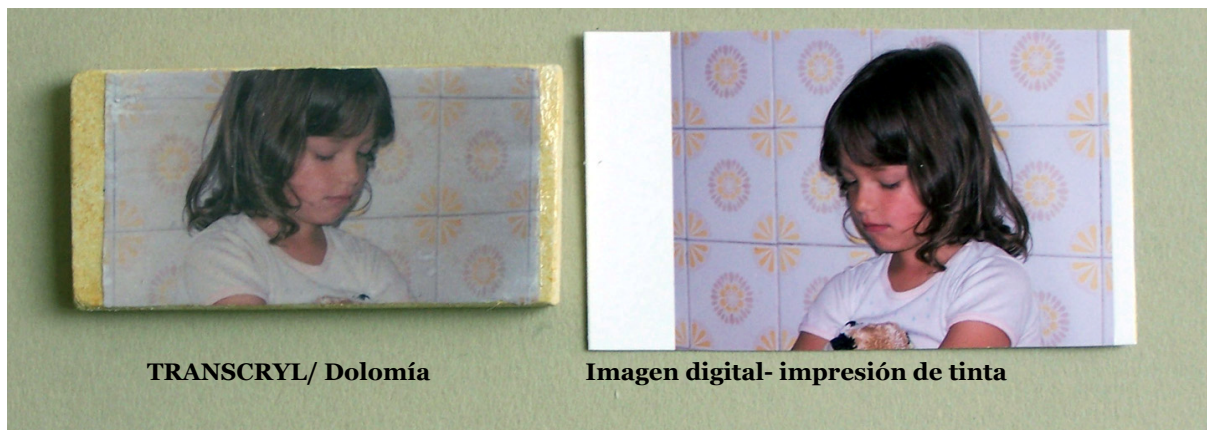
<sup>216</sup> CREIXELL, Miren; GUAIDA, Kemie, (Dir.). “Sistemas de impresión-Offset”, [en línea]. Sunnyvale, California (USA): Yahoo!Geocities. <http://www.geocities.com/CollegePark/Hall/9355/wimp-off.htm> [Fecha consulta: Agosto 2008]

## ENSAYO Nº 36

## IMPRESIÓN DE TINTA

Procedimiento: Transferencia directa (Método TD) de una imagen de impresión de tinta (Materiales, procedimiento y productos indicados en el apartado 5.1 Medios para realizar las transferencias).

Fecha de realización: 12-01-08.

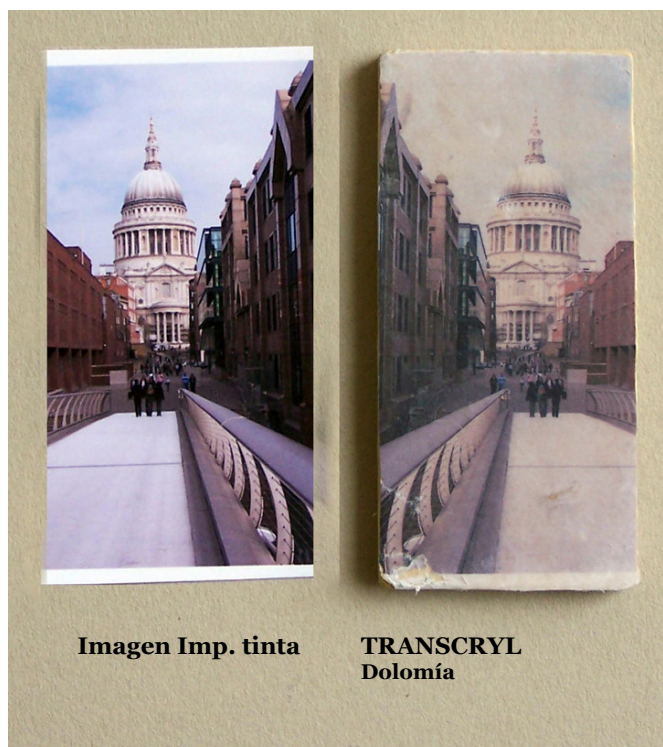


*Fig.197. Transferencia sobre dolomía de Bernuy de imagen de impresión de burbuja de tinta. Mónica, Imagen digital. Fot. A. Sánchez Davía.*

**OBSERVACIONES:** Las zonas que en la imagen impresa aparecen en blanco no quedan transparentes al contrario que en las impresiones láser y off set, por lo que no se transparenta el soporte de dolomía. Esto puede ser debido a que la resina acrílica actúe también como adhesivo de parte de la capa de preparación final blanca que recubre al papel. Preparación que aporta una base adecuada de brillo para que la impresión de tinta asemeje a las fotografías tradicionales y de fijación protegiendo en cierto modo de la dilución las tintas con el agua, es decir, que se transfiere también la propia preparación del papel además de las tintas. Los papeles para impresión láser no disponen de esa preparación especial y al realizarse la transferencia se transfieren las tintas del tóner quedando transparentes en la transferencia las zonas sin tóner.

En la transferencia de impresión de tinta los colores de la imagen quedan más mortecinos que en la imagen impresa y el aspecto final es muy mate (figs. 197 y 198).

*Fig. 198. A la derecha, transferencia sobre dolomía de Bernuy de imagen de impresión de burbuja de tinta. St.Paul's Cathedral. London. Imagen digital. Fot. A. Sánchez Davía.*





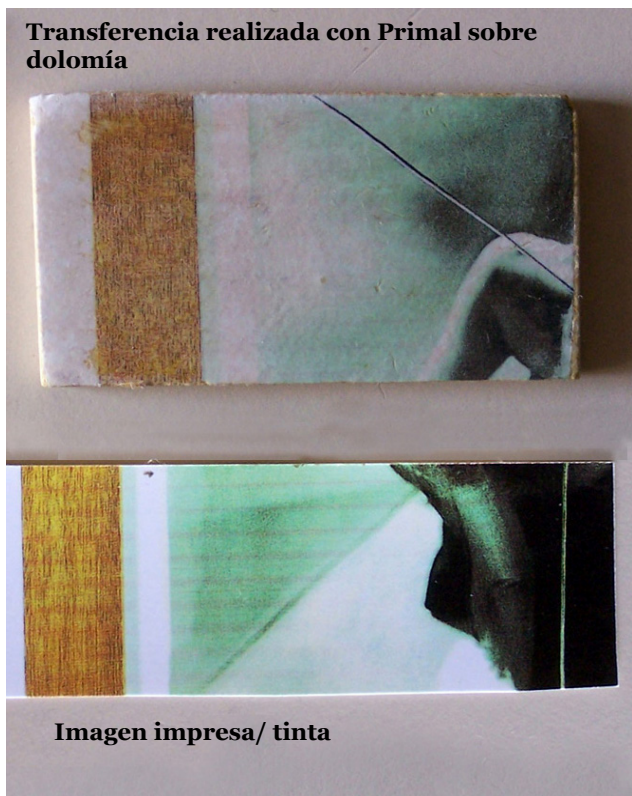


Fig.199. Transferencia sobre dolomía de Bernuy de imagen de impresión de burbuja de tinta.

Imagen digital. Fragmento de una imagen de Javier Vallhonrat<sup>217</sup>.

En la transferencia de imágenes de impresión de tinta es muy importante la elección del papel de impresión ya que no es posible la transferencia de imágenes impresas en papel normal estándar. Con papel normal la imagen se adhiere correctamente, pero al emplear agua para eliminar el papel de la parte posterior de la transferencia se diluyen las tintas, además la imagen no queda fijada a la capa plástica que aporta la resina acrílica, por lo que se elimina prácticamente toda la imagen por fricción (fig. 200).



Fig. 200. Imagen digital de impresión de tinta sobre folio estándar. No se produce la transferencia de la imagen a la piedra.

<sup>217</sup> VALLHONRAT, Javier. "El espacio poseído" *Album Letras Artes*. 1996, Primavera 96, num. 47.(Madrid). p. 20.

### **5.2.1.2 Productos de acabado en la transferencia de impresión tinta. Ensayos N° 37 y 38**

Las transferencias directas TD de imágenes procedentes de impresión de tinta quedan muy mates, los tonos oscuros tienen poca intensidad una apariencia agrisada y el resto de colores quedan más mortecinos que en la imagen original impresa (fig. 199). La imagen transferida por el método directo es sensible a los arañazos, ya que las tintas de impresión de la imagen después de eliminar el papel que las recubre quedan en la parte externa de la transferencia realizada. Además, la zona de transferencia presenta una superficie con cierta absorberencia mojóndose al depositar una gota de agua sobre ella.

Por estos motivos se considera la posibilidad de aplicar una capa protectora a modo de barniz transparente sobre la superficie, también para que aumente si es posible la profundidad de tono de las tintas y su incidencia en las zonas blancas de la imagen transferida (por si pudiera aportar mayor transparencia). Se tendrán en cuenta los productos empleados para cambiar el índice de refracción experimentados en el apartado 4.2.2 Con infrapintura al silicato.

Se decide por lo tanto emplear una primera capa de barniz acrílico (preparado con primal) a modo de imprimación para proteger la imagen del aceite. Después se emplearán dos tipos de barniz en cada una de las probetas, uno acrílico al agua y después uno acrílico de retoque (ver descripción en 4.1 Productos).

No es posible aplicar una capa de barniz final de Paraloid B72 ya que la transferencia realizada con resina acrílica se deterioraría y ablandaría con los solventes de acetona o de tolueno de este producto.

Los resultados de las probetas realizadas se indican en los ensayos N° 37 y N° 38 que se exponen a continuación.

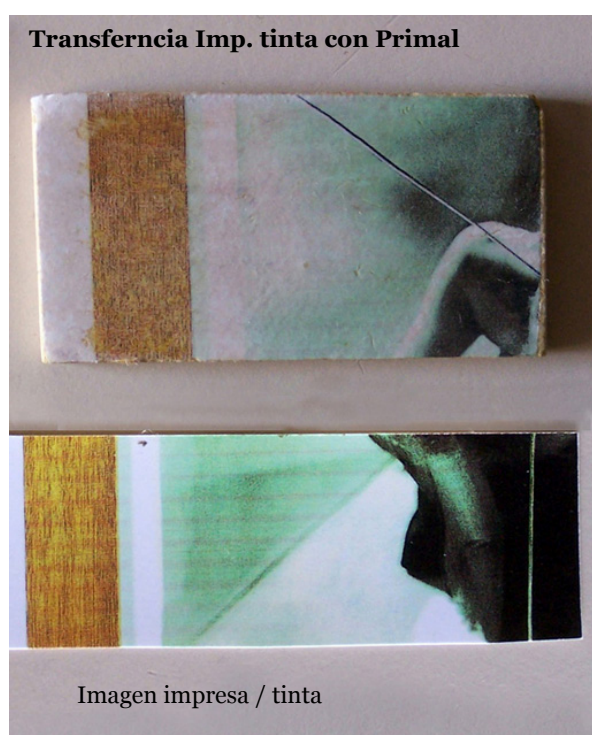


## ENSAYO Nº 37

## Primal y Barniz de retoques

**Octubre 2007.**

- 1º.- Transferencia utilizando primal según el método directo TD, de imagen digitalizada de impresión de tinta.
  - 2º.- Dos capas de un barniz acrílico preparado con Primal AC532 diluido en agua destilada en la proporción 1:3 (1 Primal x 3 Agua destilada).
  - 3º.- Dos capas de barniz de retoque, 004 Retouching Varnish de la marca Talens, para colores al óleo.
- Febrero 2008 Se aplica una capa muy fina del mismo barniz de retoque, a muñequilla en la mitad inferior de la probeta.



*Fig.201. Transferencia sobre dolomía de Bernuy de imagen de impresión de burbuja de tinta.*

*Imagen digital. Fragmento de una imagen de Javier Vallhonrat<sup>218</sup>.*

### **OBSERVACIONES** (fig. 201).

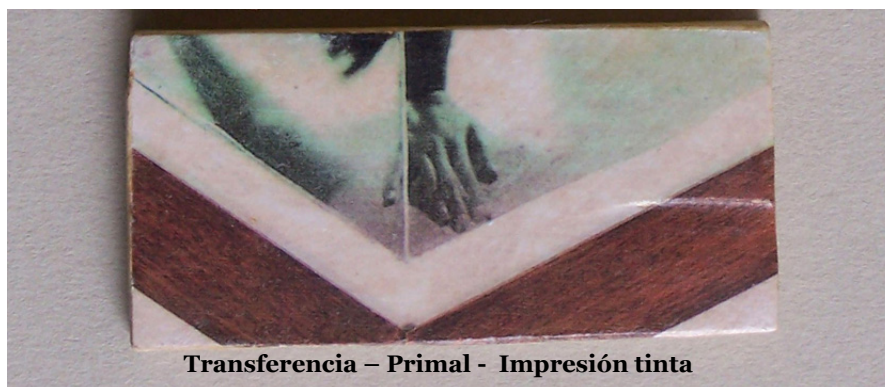
El resultado protector aportado por las capas de barniz es bueno, y aumenta sensiblemente la profundidad de color de la transferencia.

Aparecen zonas satinadas y mates, dependiendo de la acumulación del barniz de retoque, y no se aprecia mayor transparencia en las zonas blancas de la imagen.

Se observan leves craquelados de la capa correspondiente a la imagen transferida que debidos a un exceso de resina acrílica (Transcryl) y viscosidad del producto al adherir la transferencia.

La superficie de la imagen queda protegida del agua y la humedad.

<sup>218</sup> VALLHONRAT, Javier. "El espacio poseído" *Álbum Letras Artes*. 1996, Primavera 96, num. 47.(Madrid). p. 20.



*Fig.202. Transferencia sobre dolomía de Bernuy de imagen de impresión de burbuja de tinta.  
Imagen digital. Fragmento de una imagen de Javier Vallhonrat<sup>219</sup>.*

**Octubre 2007**

- 1º.- Sobre la piedra se aplica una capa de Paraloid al 5% en acetona para imprimir y unificar la absorción de la superficie de la piedra.
- 2º.- Transferencia realizada con Primal AC 532, procedimiento directo TD, de una imagen de impresión de tinta.
- 3º.- Dos capas de barniz realizado con Primal AC 532 diluido en agua destilada 1:3 (1 primal x 3 agua destilada)
- 4 º.- Capa de Barniz Acrílico Mate, Acrylic Varnish Matt 115, Marca Talens para Óleo.

**OBSERVACIONES.** (fig. 202) No se observa mayor transparencia en las zonas blancas de la imagen transferida.

El resultado obtenido es bueno, produciéndose un sensible aumento de tono de los colores de la imagen transferida. La pieza presenta un leve brillo satinado que le confiere un aspecto natural, con las capas de barniz la imagen queda protegida frente a posibles rozaduras superficiales.

La superficie queda muy protegida del agua y de la humedad.

---

<sup>219</sup> VALLHONRAT, Javier. “El espacio poseído” *Álbum Letras Artes*. 1996, Primavera 96, num. 47.(Madrid). p. 20.

## 5.2.2 MÉTODO DE TRANSFERENCIA POR CALCOMANÍA. TC.

Para su realización se han elegido los dos tipos de impresión digital de tinta y láser. Ver materiales, procedimiento y productos en el apartado 5.1 Medios para realizar las transferencias).

### 5.2.2.1 Impresión fotocopia láser color e impresión de tinta.

#### ENSAYO Nº 39

#### IMPRESIÓN LASER Y TINTA

La transferencia se realiza sobre dos probetas de dolomía, una para la impresión láser y otra para la impresión de tinta (tipos de impresión utilizados en 5.1.1.1 Impresión de tinta e impresión láser). Cada una de las probetas están subdivididas en dos mitades, en cada una de ellas se emplea una de las resinas acrílicas indicadas (Transcryl y Primal).

#### Transferencia 22-1-2008.

Procedimiento: Método TC. Se aplicaron 5 capas consecutivas de resina acrílica sobre la imagen impresa para preparar la calcomanía previa.

Al día siguiente se elimina el papel y se adhiere a la piedra utilizando en cada caso la resina acrílica indicada en la fotografía (fig. 203). Para su adhesión se aplica la resina en las dos superficies a pegar (piedra y transferencia).

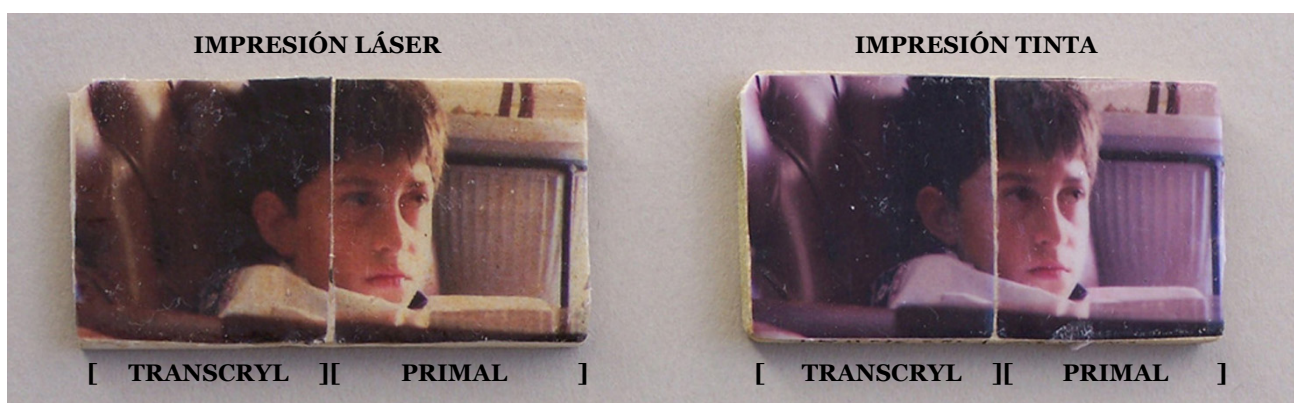


Fig. 203. Transferencia sobre dolomía de Bernuy de imagen láser y de impresión de tinta. En la transferencia de la izquierda se observan claramente los tonos crema de la dolomía. Diego. Imagen digital. Fot. A. Sánchez Davía.

**OBSERVACIONES.** (fig. 203) Buena adhesión de ambas transferencias. Los resultados visuales son los característicos de cada una de las imágenes utilizadas (láser y de tinta).

Se observa que transcurrido un año, prácticamente en todas las transferencias con medios acrílicos y solamente en las imágenes de impresión de tinta, ya sea por TD o TC, se produce un leve craquelado de la capa transferida, más marcado en las transferencias realizadas con primal. Esto es debido a que con la imagen transferida también se transfiere la emulsión que recubre al papel lo que produce una capa poco flexible a los movimientos del soporte; mientras que con la imagen láser esto no ocurre ya que únicamente se transfiere el tóner de la imagen.

### 5.2.3 DESPRENDIMIENTO DE LA TRANSFERENCIA

El problema de las transferencias con resinas acrílicas realizadas directamente sobre dolomía es que crean una capa plástica impermeable, por lo que la humedad o cambios de temperatura pueden hacer que se desprenda.

Para comprobarlo se va a realizar un ensayo sumergiendo unas probetas en agua y después verificando la adhesión de la capa (Ver ensayo N° 40 Resistencia a la humedad).

Otro problema que originaría el levantamiento prematuro de la capa transferida es la carencia de adhesivo, producida al emplear una cantidad escasa no adecuada a la porosidad de la piedra, como ocurre en ejemplo sobre la Arenisca de Villamayor (fig. 204).



*Fig. 204. Detalle del desprendimiento de la transferencia de una imagen realizada con medios acrílicos sobre arenisca de Villamayor (Salamanca).*

*Diversas zonas de la capa de transferencia se levantan fácilmente al incidir sobre ellas con una espátula metálica (aún con la piedra seca).*

Por ello, previamente a la realización de una transferencia, sería preciso reducir la porosidad del soporte pétreo, no solamente en la zona que se va a realizar la transferencia, sino en todo su conjunto. (Ver apartado 5.2.4 Hidrofugación, tratamientos previo y posterior).



## ENSAYO N° 40

## RESISTENCIA A LA HUMEDAD

Descripción: Se sumergen en agua durante 24 horas unas probetas con imágenes transferidas según el método directo TD (imagen inversa). Las imágenes proceden de una fotocopia en blanco y negro.

**OBSERVACIONES:** Transcurrido este tiempo se observó que la imagen transferida se levanta fácilmente al incidir en húmedo sobre uno de los bordes con una espátula metálica (figs. 205 y 206), independientemente de la resina acrílica utilizada.



Fig. 205. Probeta de dolomía con una transferencia directa TD de fotocopia en blanco y negro, sumergida en agua para comprobar la resistencia de la transferencia. .

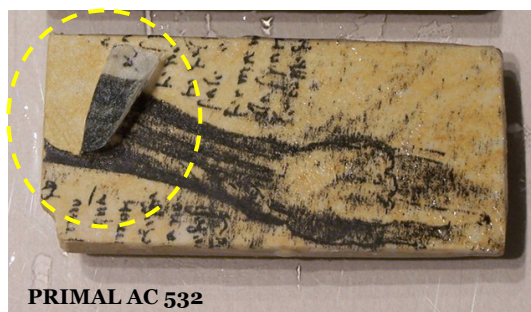


Fig. 206. Probetas realizadas por el método de transferencia directo TD, después de haber sido sumergidas en agua 24 horas, en ambas piezas la transferencia se desprende con cierta facilidad.

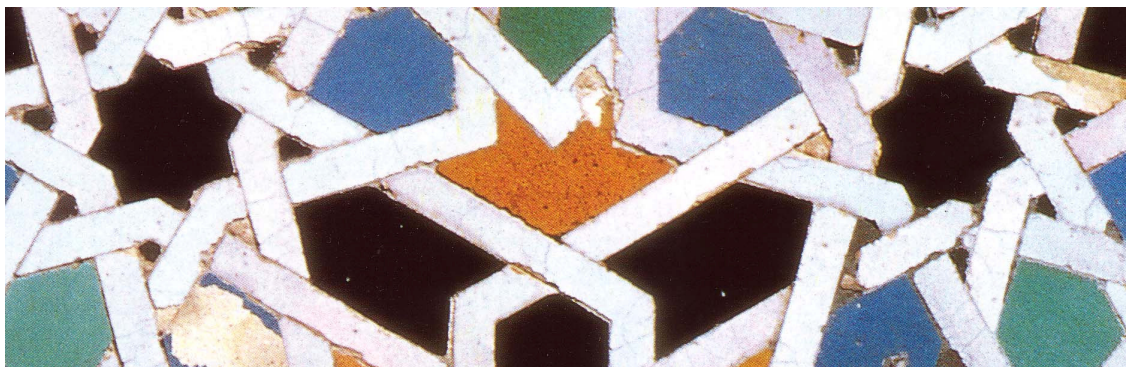
## 5.2.4 HIDROFUGACIÓN, TRATAMIENTOS PREVIO Y POSTERIOR

### 5.2.4.1 Disminución de la porosidad.

Según los resultados de los productos experimentados hasta ahora (ver Apartado 4.2 Comprobaciones), en este ensayo se van a considerar principalmente la resina de silicona (Lotexan N) y la resina de metacrilato (Paraloid B72) con el fin de reducir la absorción del soporte y favorecer la resistencia-adhesión a la piedra de las transferencias realizadas con resinas acrílicas.

#### ENSAYO Nº 41

#### DISMINUCIÓN DE LA POROSIDAD



*Fig.207. Imagen elegida para realizar las transferencias ya que contiene colores claramente separados y zonas blancas. Ffiligrana geométrica de trozos de baldosín conocida como Zillij, de una fotografía de Peter Sanders.<sup>220</sup>*

Se utilizó una impresión láser (impresora Xerox Docucolor™ 12 y papel Future Imagetech) para realizar la transferencia sobre Dolomía de Bernuy y se realizan tres probetas de muestra M1, M2 y M3 (fig. 208).

#### MUESTRA M1.

Descripción: Sobre una probeta pintada al silicato se aplica Paraloid B72 para reducir la absorción de la piedra y después se realiza la transferencia. En la mitad derecha se aplica un barniz mate (barniz de retoques Retouching Varnish) que aunque no aporta un cambio superficial significativo actúa de protector de la imagen transferida.

Secuencia de capas sobre dolomía de Bernuy:

1. Pintura al silicato. Künstlerfarben-Técnica A. Pigmentos Keim: (927) Amarillo Óxido y (915) Rojo Inglés Claro. 5 fijaciones del 13-3-2007 al 1-4-2007, con Fixiermittel (1 Fixiermittel x 2 Agua destilada).
2. Paraloid B 72. una capa (diluido en acetona al 10%). Octubre 2007.

---

<sup>220</sup> WERNER, Louis. "Zillij in Fez". En *Saudi Aramco World*. May/June 2001. Published Bimonthly, Vol. 52, No. 3. (Houston, Texas, USA). pp. 18-19

3. Transferencia directa TD con Primal- fotocopia láser en color, Octubre 2007.
4. En la mitad derecha se ha aplicado barniz de retoques (Retouching Varnish-Talens)

## MUESTRA M2.

Secuencia de capas sobre dolomía de Bernuy:

1. Paraloid B 72 . una capa (diluido en acetona al 5%). Octubre 2007.
2. Transferencia directa TD con Primal - fotocopia láser, Octubre 2007.

## MUESTRA M3.

Secuencia de capas sobre dolomía de Bernuy:

1. Hidrofugante Lotexan N. Dos capas en húmedo (tiempo de espera entre capas 10min). Octubre 2007.
2. Paraloid B72. Una capa (diluido en acetona al 5%). Se aplica para uniformar y reducir la absorción (a modo de imprimación sobre la piedra), y para neutralizar la repelencia al agua que aporta el hidrofugante, pudiendo así después realizar la transferencia con resina acrílica al agua. Octubre 2007.
3. Transferencia directa TD con Primal de la fotocopia láser, Octubre 2007.

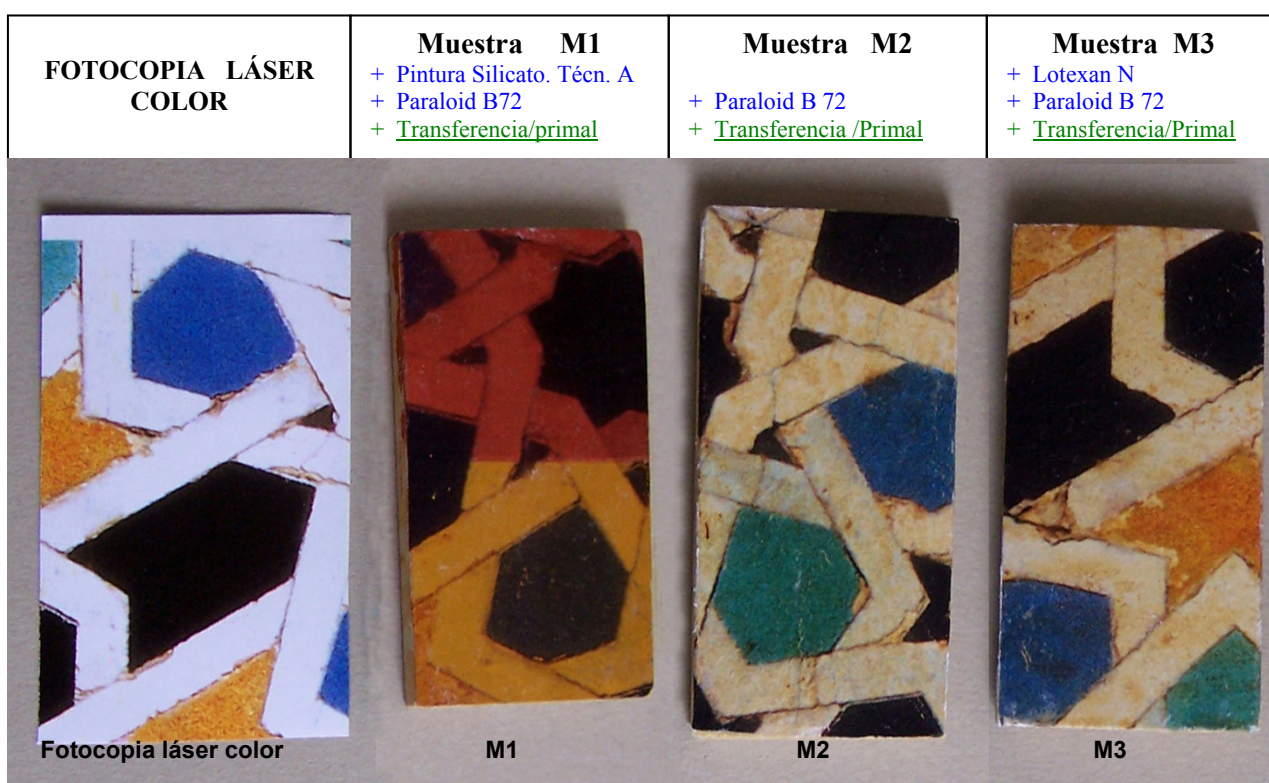


Fig. 208 .Recorte de imagen digital de impresión Láser a la izquierda y probetas en las que se ha realizado su transferencia. En la parte superior se indican los productos y la sucesión de capas empleadas para reducir la porosidad de la piedra.



## **OBSERVACIONES**

La capa de Paraloid B72 actúa a modo de imprimación y selladora del poro de la piedra, facilitando la adhesión de la lámina plástica de la transferencia a la piedra.

En la muestra M3 la capa de Paraloid B 72 neutraliza los efectos hidrófobos de la resina de silicona y permite el empleo del adhesivo acuoso Primal para realizar la transferencia, no se ha producido una disminución de la adhesión de la transferencia por el empleo de los productos indicados. La capa plástica de transferencia es resistente al incidir sobre ella con una espátula metálica.

Visualmente no se aprecia ningún cambio por la aplicación de productos previos a la transferencia, ni una influencia significativa en el resultado visual final de la transferencia. Únicamente se observa que físicamente mejoran las condiciones de adhesión de la imagen a la piedra y que la utilización de silicato como infrapintura no influye tampoco en el acabado final, pudiéndose aprovechar el color de la pintura en la transferencia láser.

Es conveniente aplicar un barniz final a la superficie de la transferencia ya que el tóner, al quedar en la superficie, es sensible a los arañazos. El barniz podría estar preparado por la propia resina que sirve de adhesivo de transferencia (resina acrílica), en la proporción de 2 volúmenes de agua destilada x 1 volumen de primal. También podría utilizarse un barniz para cuadros que sea apropiado para superficies acrílicas. Un producto de los experimentados que no se debe aplicar como capa final es Paraloid B 72, ya que el disolvente de este producto (acetona o tolueno) actuaría disolviendo las tintas de impresión e incluso podría levantar la capa de primal.

### **5.2.4.2 Hidrofugación e inmersión.**

#### **ENSAYO Nº 42                      INMERSIÓN EN AGUA –probetas hidrofugadas**

Descripción: Se preparan unas probetas de dolomía de Bernuy e hidrofugan con resina de silicona (Lotexan N). Posteriormente se aplica una capa de Paraloid y se realiza la transferencia con resinas acrílicas. Por último una fina capa de barniz cubrirá la transferencia.

El siguiente paso es la inmersión de las probetas durante 24 horas para comprobar la resistencia y adhesión de la capa plástica con la imagen adherida y compararlo con el ensayo Nº 40 en el que se sumergían unas probetas sobre las que se había hecho la transferencia sobre la piedra sin ningún tipo de tratamiento previo.



Proceso:

1. (12-1-2008). Hidrofugación: Aplicación con pincel de dos capas de hidrofugante sobre la totalidad de la probeta de piedra (Lotexan N, intervalo entre capas 10 min.)
2. (21-1-2008). Paraloid B 72, una capa (diluido al 5% en acetona). Aplicación nueve días después.
3. (21-1-2008). Transferencia directa TD con Transcryl y Primal en cada una de las mitades de las probetas (fig. 209). Al día siguiente se elimina el papel por la parte posterior.
4. (23-1-2008). Barniz, una capa. Preparado con el mismo producto utilizado para la transferencia, Transcryl y Primal respectivamente (fig. 209), diluidos (1 volumen de resina x 3 volúmenes de agua destilada) para aplicados en capa fina.
5. (28-1-2008). Inmersión de las probetas durante 24 horas

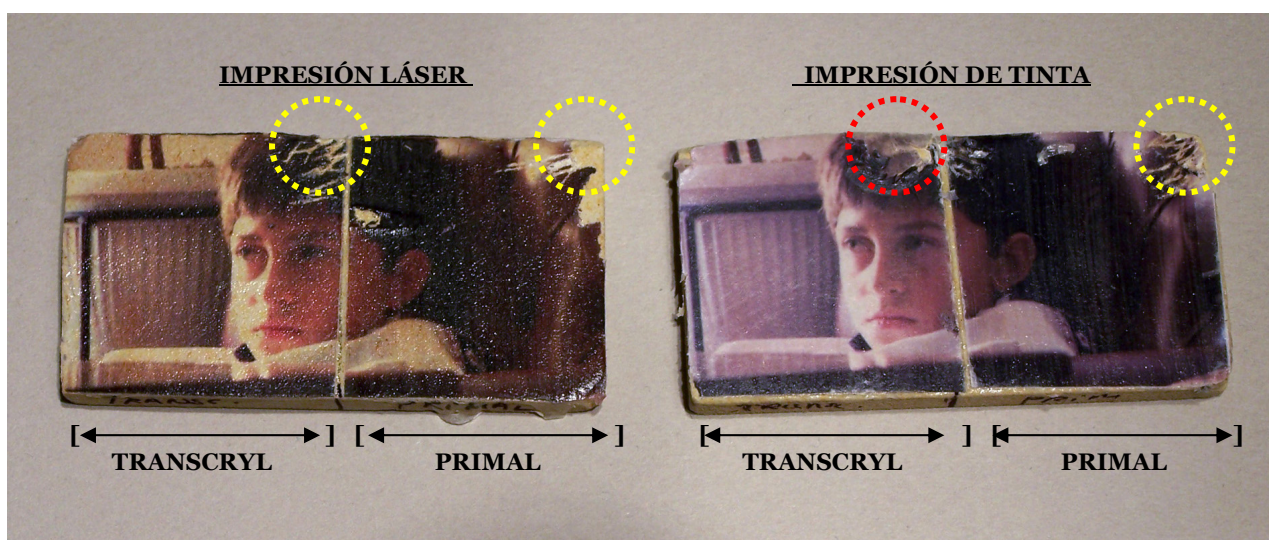


Fig.209. Probetas previamente hidrofugadas después de haber sido sometidas al ensayo de inmersión durante 24 horas. Se indica con una circunferencia amarilla los puntos en los que se ha incidido con una espátula metálica fina intentando desprender la capa de transferencia. Con una circunferencia roja se indica la zona donde se desprende mayor parte de la imagen transferida..

**OBSERVACIONES**

Las diferencias de tono entre las dos probeta son debidas a los diferentes tipos impresión de la imagen (Láser izquierda y tinta a la derecha).

Después de la inmersión en agua de las probetas se observa que la adhesión de la imagen a la piedra tratada previamente con los productos indicados es muy buena (fig. 209). Si se incide con una pequeña espátula de hierro no es posible levantar la imagen como ocurría con las transferencias sobre piedra sin tratamiento del Ensayo Nº 40. Sólo en la zona de imagen impresa con tinta y transferida con Transcryl se logra levantar la capa adherida (zona marcada en la fotografía con un círculo rojo). No obstante indicar que la acumulación de resina -Transcryl en esta zona formó una capa más gruesa lo que facilita su levantamiento, por lo que es conveniente que la imagen a transferir no tenga una capa gruesa de resina.

### 5.2.4.3 Intemperie.

#### ENSAYO Nº 43

#### INTEMPERIE

La preparación de las dos probetas es la misma, únicamente que una es de impresión láser y otra de tinta, se realizan sobre la piedra imprimada para comprobar su resistencia a la intemperie.

##### Probeta Nº 1. Impresión de tinta.

- 1º.- 18-1-2008. Hidrofugante Lotexan N (2 capas).
- 2º.- 21-1-2008. 1 capa Paraloid B72 al 5% en acetona.
- 3º.- 21-1-2008. Transferencia directa TD (imagen inversa). Imágenes realizadas por medio de impresión de tinta y láser respectivamente. Transcryl a la izquierda y Primal a la derecha.
- 4º.- 23-1-2008. Capa muy fina de barniz final utilizando las resinas (Transcryl y Primal respectivamente) que se habían utilizado previamente como adhesivos diluidas aproximadamente al 50% en agua destilada.
- 5º.- 27-1-2008. Colocación de las probetas a la intemperie.

##### Probeta Nº 2. Impresión Láser.

- 1º.- 12-1-2008. Hidrofugante Lotexan N (2 capas)
- 2º.- 21-1-2008. 1 capa Paraloid B72 al 5%.
- 3º.- 21-1-2008. Transferencia directa TD (imagen inversa). Transcryl a la izda y Primal a la dcha.
- 4º.- 23-1-2008. Capa final de barniz muy fina con las resinas utilizadas como adhesivos. Diluidas aproximadamente al 50% en agua destilada.
- 5º.- 27-1-2008. Colocación de las probetas a la intemperie.

#### **2 semanas exposición a la intemperie, del 27 Enero 2008 al 10 de Febrero de 2008**



#### **OBSERVACIONES**

Se aprecia que la imagen de impresión de tinta comienza a decolorarse, mientras que la impresión láser conserva los colores (se pueden ver imágenes de referencia en la fig. 209)

A las dos semanas no se observan cambios significativos, únicamente en la escasa resistencia a los rayos UV de la impresión de tinta.

*Fig. 210. Transferencia directa (imagen inversa) después de dos semanas de exposición a la intemperie.*

**1 mes de exposición a la intemperie, del 27 Enero 2008 al 24 de Febrero de 2008**

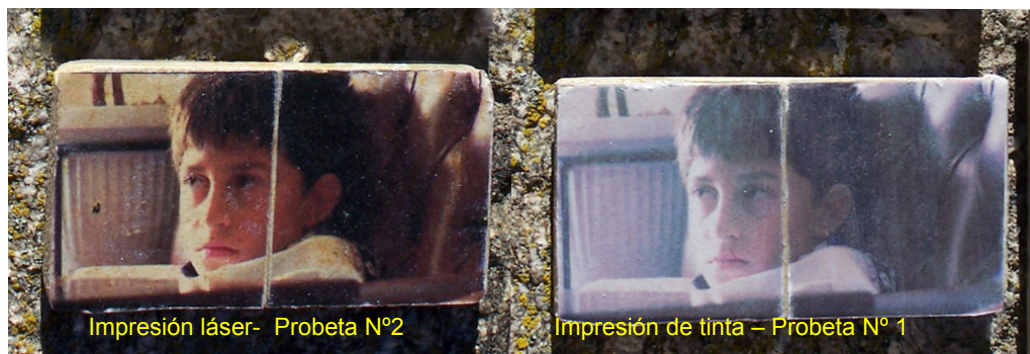


Fig.211. Probetas después de un mes de exposición a la intemperie.

**OBSERVACIONES**

Se observa una importante decoloración de la imagen realizada por impresión de tinta (fig. 211).

En general la adhesión de la transferencia de las dos probetas es muy buena, sobre todo por la presencia de un tratamiento impermeable en la piedra.

**4 meses Aprox. de exposición a la intemperie, del 27 Enero 08 al 15 Mayo 08.**

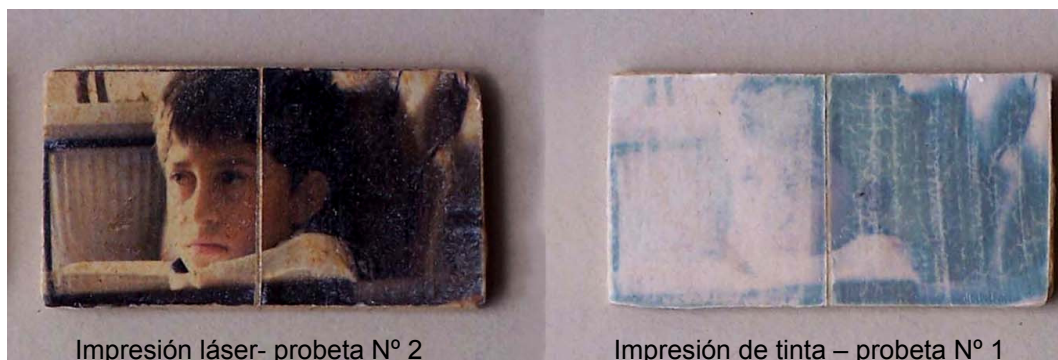


Fig. 212. Transferencia después de cuatro meses de exposición a la intemperie.

**OBSERVACIONES**

La impresión de tinta se ha decolorado desapareciendo prácticamente la imagen (fig. 212), mientras que la impresión digital láser conserva los tonos después de cuatro meses de exposición a la intemperie.



**8 meses de exposición a la intemperie, del 27 Enero 2008 a Septiembre 2008.**

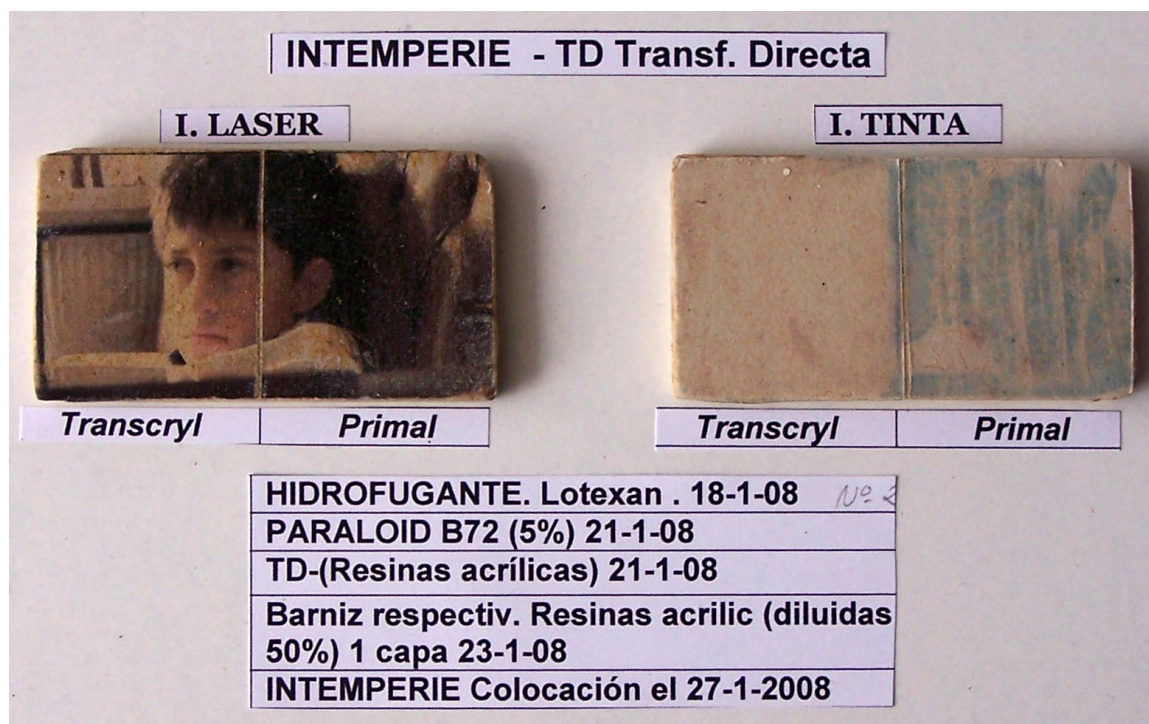


Fig. 213. Transferencia después de ocho meses de exposición a la intemperie.

## OBSERVACIONES

Las probetas muestran un resultado de adhesión bueno en cuanto a la resistencia a la intemperie (fig. 213).

La superficie de transferencia se conserva en buen estado, es decir no presenta desprendimientos de la imagen trasferida en ninguna de las probetas. Sin embargo, como se observa en la fotografía la imagen correspondiente a la impresión de tinta ha desaparecido al utilizarse tintas sin resistencia a la luz solar. La superficie de esta última (fig. 213 derecha) también presenta un leve craquelado superficial.

En la impresión láser la superficie transferida se ha vuelto más mate y ha perdido algo de profundidad de color, pero la transferencia es evidente.



## 5.3 TRANSFERENCIA DE IMAGEN DIGITAL CON SILICATO POTÁSICO

En el apartado anterior se ensayó la transferencia de imágenes con adhesivos orgánicos sobre dolomía, con ellos la transferencia de la imagen a la piedra está prácticamente asegurada (5.2 Transferencia de imagen digital con medios acrílicos). Ahora se va a estudiar el uso del silicato potásico como adhesivo inorgánico con el fin de obtener la transferencia de imágenes digitales sobre dolomía.

*“Los productos celulósicos, incluidos algunos plásticos, se humectan fácilmente y la mayor parte del volumen de los adhesivos de silicatos se emplea con este objeto. La mayoría de tales superficies son porosas y admiten la posibilidad de adherencia mecánica. [...] Es presumible que se produzca unión química entre los grupos hidróxilo de la celulosa y la sílice coloidal, formando una unión más fuerte que entre las propias fibras. [...] en general, la resistencia de unión decrece a lo largo del tiempo, pero es suficiente para romper, incluso después de varios años, una superficie de madera”<sup>221</sup>*

A continuación se va a exponer progresivamente la secuencia de análisis y estudio seguida en los ensayos, ya que la consecución de las probetas finales es el resultado del proceso empírico continuo de investigación llevado a cabo. El principal objetivo es conseguir la transferencia de una imagen de impresión láser, ya que es la que normalmente se utiliza para transferencias con resinas acrílicas y presenta mejores resultados de estabilidad a la luz (ver apartado 5.1.2.2 Resistencia a la luz solar).

### 5.3.1 PRIMEROS ENSAYOS DE TRANSFERENCIA

En estos ensayos se pretende estudiar si el silicato potásico, que reacciona especialmente con pigmentos y cargas inorgánicas, podría actuar como adhesivo de un producto orgánico como es el papel impreso sobre una superficie mineral (dolomía), ya que en la fabricación industrial los silicatos se utilizan como adhesivo de cartón (ver Capítulo I. Apartado 1.1.2.1 Campos de aplicación de los silicatos).

Se ha experimentado con diversos productos al silicato (todos ellos utilizados en esta tesis) y con distintos tipos de imágenes impresas, sin embargo en muchos de las propuestas investigadas los resultados han sido negativos.

En los primeros ensayos de transferencia de imágenes con silicato potásico sobre dolomía se obtuvieron resultados de lo más heterogéneos (fig. 214). En ellos apenas se vislumbran las posibilidades que posteriormente van a ofrecer estos productos, y únicamente en unas pocas

---

<sup>221</sup> HOUWINK, R.; SALOMON, G. *Adherencia y adhesivos. Volumen I. Adhesivos*. En *La Enciclopedia de la química industrial (Tomo 3)*. Bilbao: Urmo S.A., 1978. p. 516.

probetas se aprecian resultados positivos, aunque no satisfactorios. Aproximadamente el 90% de los intentos de transferencia fracasaron, y en ocasiones, al repetir el experimento con los mismos productos, no se obtuvo el resultado positivo de fijación obtenido en la probeta precedente.

El procedimiento experimentado con silicato potásico fue el de transferencia directa TD (Imagen inversa) sobre dolomía de Bernuy, ya que muestra rápidamente si existe adhesión de la imagen a la piedra. En los ensayos que se muestran a continuación se detallan parte de las probetas y ensayos realizados.



*Fig.214. Diversas probetas de los ensayos iniciales de transferencia utilizando diversos tipos de silicato potásico e imagen digital.*

### 5.3.1.1 Keim-Fixativ (Técnica B)

Producto: Silicato potásico de la marca Keim-Fixativ (ver producto en apartado 2.1.2 K. Dekorfarben) para transferencia directa TD sobre dolomía de Bernuy.

#### ENSAYO N° 44

#### Keim Fixativ (técnica B)



Fig. 215. Probetas realizadas de diversos recortes de imágenes de periódico.

En la fotografía se muestran los resultados más satisfactorios obtenidos con este producto (fig. 215), también se observan ciertas deficiencias al aportar una transferencia irregular de la imagen (fig. 216). Principalmente no se consigue continuidad en los resultados ya que al repetir el experimento sucesivamente se obtuvieron resultados variables, desde fijaciones parciales a deficientes. Indicar además que la transferencia de la imagen a la piedra es parcial, es decir únicamente quedan fijadas a la piedra una parte de las tintas, por lo que a veces apenas se observa la imagen transferida, sin embargo éstas ofrecen mucha resistencia al frotamiento.



Fig. 216. Probetas realizadas utilizando diversas imágenes de revistas y fotocopias en blanco y negro.



### 5.3.1.2 Keim Spezial Fixativ (Técnica B)

Producto: silicato potásico de la marca Keim Spezial Fixativ (ver producto en apartado 2.1.1 K. Restauro-Lasur). Se elige este producto porque contiene una pequeña cantidad de resina de acrilato esperando que ésta mejore los resultados de adhesión del silicato potásico en la transferencia.

Transferencia directa TD, sobre dolomía de Bernuy.

## ENSAYO N° 45

## Keim Spezial Fixativ



Fig.217. Probetas de transferencias con Spezial Fixativ.

Se obtienen resultados muy heterogéneos. En una de las probetas en las que se realiza la transferencia de una imagen de impresión láser se consigue cierta transferencia de la imagen, pero es poco resistente al rozamiento. En el resto de las probetas no se consiguió la transferencia con este producto (fig. 217).

### 5.3.1.3 K. Fixativ y Primal al 50%

Productos: silicato potásico de la marca Keim Fixativ (ver apartado 2.1.2 K. Dekorfarben- Técnica B) y resina acrílica Primal AC 532 K (Ver 5.1.2.1 Medio orgánico: Resinas acrílicas). Se mezclan al 50% para comprobar si añadiendo una resina acrílica al silicato potásico aumentarían las propiedades adhesivas de la mezcla. Transferencia directa TD, sobre dolomía de Bernuy.



## ENSAYO N° 46

## Fixativ y Primal 50%



No se consigue una perfecta dispersión o mezcla del silicato potásico y la resina acrílica.

El resultado final de la transferencia es heterogéneo (fig. 218).

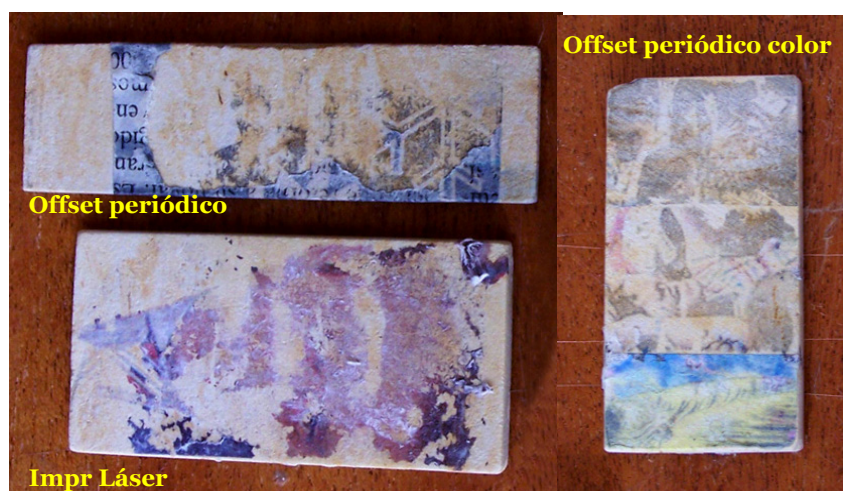
Fig.218. Probeta en la que se obtiene cierto grado de transferencia pero heterogéneo.

### 5.3.1.4 Silicato sódico (M. Riesgo)

Producto: Silicato Sódico marca Manuel Riesgo S.A. (ver 2.3.2 Pintura pastada. Silicatos líquidos Manuel Riesgo) se utiliza para comprobar si es más eficiente que el silicato potásico para realizar la transferencia. Transferencia directa TD, sobre dolomía de Bernuy.

## ENSAYO N° 47

## Silicato sódico



Se obtienen resultados muy heterogéneos, aunque en la pieza de la derecha de la fotografía se aprecia una débil transferencia de la imagen (fig. 219).

Fig.219. Probetas realizadas con silicato sódico.

### 5.3.1.5 Keim Fixiermittel (Técnica A)

Producto: silicato potásico K. Fixiermittel (ver 2.1.3 K. Künstlerfarben -Técnica A)

Transferencia directa TD, sobre dolomía de Bernuy.

## ENSAYO N° 48

## Fixiermittel



Fig.220. Probetas realizadas con silicato potásico Fixiermittel.

Resultados deficientes y/o heterogéneos con todas las imágenes impresas practicadas (tinta, láser, off set), no existe prácticamente fijación de la transferencia.

### 5.3.1.6 Silicato potásico (M. Riesgo)

Producto: silicato potásico líquido marca Manuel Riesgo S.A (ver 2.3.2 Pintura pastada. Silicatos líquidos Manuel Riesgo). Transferencia directa TD sobre dolomía de Bernuy.

En el ensayo que se incluye a continuación se detallan distintas comprobaciones con este producto llevadas a cabo en diversas probetas.

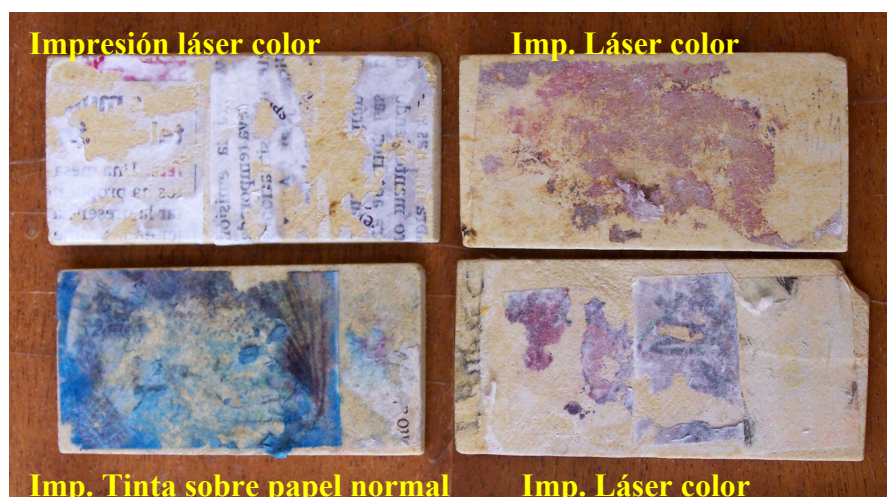
**ENSAYO N° 49****Silicato potásico****Imagen láser**

La imagen obtenida por impresión láser presenta una superficie hidrófoba (fundamentalmente en la zona impresa del tóner), por lo que el silicato potásico no humecta su superficie y la transferencia no se produce (fig. 221). Por esta razón se realizan sucesivas pruebas que se indican a continuación.

*Fig. 221. Probeta realizada con silicato potásico. La imagen transferida se desprende de la piedra.*



Lijado de la superficie impresa: Una de las pruebas llevadas a cabo fue lijando con una lija de agua muy suavemente la superficie de la imagen láser a transferir para favorecer la distribución del silicato sobre la imagen. La humectación de la superficie al aplicar el silicato potásico fue muy buena, pero la transferencia no se produce (fig. 222).



*Fig. 222. Probetas realizadas con silicato potásico. La imagen láser de la probeta de la parte superior derecha se lijó previamente para facilitar su humectación y así su adhesión, pero no se produce la transferencia.*

Aplicación de tensioactivo: Otra prueba se realizó fue aplicando un tensioactivo de agua jabonosa (Jabón marca Fairy Ultra en una proporción del 5% en agua destilada) a la superficie de la imagen a transferir inmediatamente antes del silicato potásico, a continuación se coloca sobre la piedra y se esperan 24 horas para eliminar el papel de la parte posterior. Este método tampoco resultó



efectivo, ya que al humectar la superficie y eliminar el papel de la parte posterior de la imagen adherida ésta se desprendió sin llegar a producirse la transferencia.

**Aplicación de acetona:** Como la imagen de impresión láser es sensible a la acetona (fig. 223), se intenta comprobar si este producto podría actuar a la vez que el silicato, o facilitar la transferencia de la imagen láser para que pueda quedar fijada por el silicato. Para ello se procede según el método directo TD, colocando la cara impresa de la imagen sobre la piedra (ambas superficies impregnadas en silicato potásico) y presionando suavemente. Inmediatamente después se empapa un algodón en acetona y se coloca sobre la imagen, cubriendo toda la probeta con un plástico para evitar la evaporación rápida de la acetona. Se deja durante 24 horas.

Los resultados obtenidos fueron negativos. Las pruebas no presentaron ninguna relevancia con un resultado de adhesión prácticamente nulo.

*Fig.223. Si colocamos la cara impresa de una imagen por impresión láser contra la Dolomía y después frotamos suavemente por su parte posterior con un trapo humedecido en acetona se produce este tipo de transferencia a la piedra.*



### ***Impresión off set (imágenes de periódicos y revistas)***

Ya que en las primeras probetas realizadas con silicato potásico de la marca Keim Fixativ dieron cierto resultado (Ensayo N° 44), se considera que quizá el éxito de la transferencia con silicato pueda ser debido a la porosidad del papel de la imagen impresa y a que éste permite una buena humectación y la absorción de cierta cantidad de silicato. Por ello se realizan unas pruebas con imágenes off set de periódico ya que están impresas en papeles muy porosos. También se escogen recortes de revistas para contrastar el resultado con otros papeles y por la diferencia de tintas de impresión (fig. 224). Estas imágenes se han utilizado únicamente para hacer estas comprobaciones ya que el artista utiliza medios que puede manipular fácilmente como son sus propias impresiones de imágenes digitales (normalmente de impresión láser y de tinta).



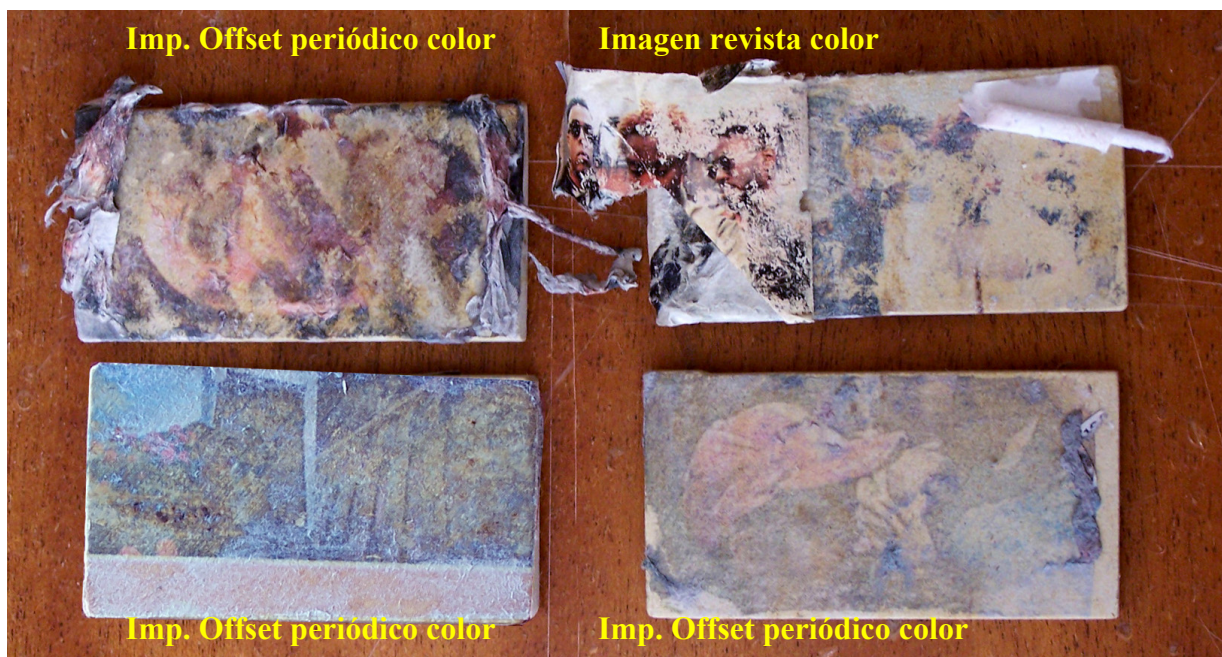


Fig.224. Probetas realizadas con silicato potásico, en la parte superior con restos de papel de revista sin eliminar. En la parte inferior la transferencia es de imágenes de periódico. En todas se produce una perfecta humectación del papel al aplicar el silicato.

La humectación de estos papeles es muy buena y se consigue mejor resultado en general que con las probetas de impresión láser, pero no se consigue un resultado de transferencia plena de la imagen. Las imágenes transferidas presentan tonos muy leves, y en algunos casos son muy sensibles al frotado en húmedo desprendiéndose la imagen, como se observa en la fotografía (fig. 225) (esquina superior derecha de la probeta marcada con una circunferencia de puntos en rojo)

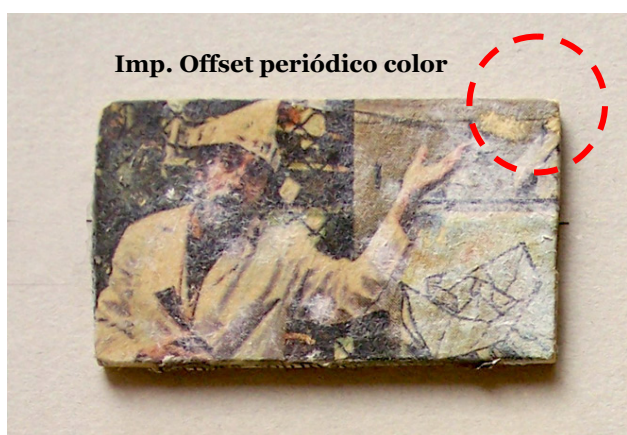


Fig. 225. Transferencia con silicato potásico, no se produce un fijado total. La imagen se desprende al frotar en húmedo sobre ella (circunferencia roja).

También se considera que quizá fuera necesario aplicar una capa de silicato potásico previa sobre la imagen de periódico a transferir y sobre la superficie de la piedra, dejando que reaccione durante 24 horas, para que actuara a modo de producto reactivo. Después se continúa el proceso de adhesión, pero esta prueba tampoco tuvo buen resultado, es decir la transferencia no se adhiere.

### ***Impresión de tinta sobre papel fotográfico***

Esta prueba se realizó sin ninguna esperanza de éxito y sin embargo fue una de las más exitosas. Anteriormente se había probado la utilización de una imagen de impresión de tinta, pero que había sido impresa sobre papel normal, con lo que la imagen se deteriora fácilmente y las tintas se diluyen en contacto con el agua (fig 222, en la parte inferior izquierda).

La prueba se realizó con papel fotográfico y silicato potásico y fue el uso de la imagen impresa sobre el papel fotográfico adecuado lo que hace que sea un medio idóneo para la transferencia de imágenes digitales con silicato potásico. Debido a los resultados positivos de la prueba se ha dedicado un apartado completo a este tema, con diversas explicaciones de las probetas realizadas y de los materiales empleados, e indicar que ha sido el preámbulo de la investigación sobre transferencias con silicato potásico con imágenes digitales de impresión láser como se verá más adelante.

### 5.3.2 IMPRESIÓN DE TINTA Y TRANSFERENCIA DIRECTA TD

Después de los ensayos más significativos realizados hasta ahora con silicatos, por fin se logra realizar una buena transferencia de una imagen a dolomía. Para ello se utilizó silicato potásico de la marca Manuel Riesgo S.A. El método de adhesión es de transferencia directa TD en el que en la transferencia la imagen queda invertida (ver 5.1.3.2 Transferencia Directa TD.).

#### 5.3.2.1 Tipo de papel

##### ENSAYO N° 50

##### Papel brillo estándar



Se utilizó papel fotográfico brillante de la marca Canson -Premium Quality, Inkjet Glossy Photo Paper para impresoras de tinta (fig. 226) de 180 gr. y 2800 dpi (puntos por pulgada). Con este papel el silicato potásico reacciona adecuadamente y la imagen se transfiere completamente con una buena adhesión de la transferencia, además el papel sobrante de la parte posterior se elimina fácilmente sin dañar la imagen o provocar su desprendimiento (fig. 228). Impresora de tinta marca Canon i 965 (ver 5.1.1.1. Impresión de tinta e impresión láser)

Fig.226. Paquete de hojas para impresión de tinta utilizado en las pruebas.



Fig.227. Izquierda. Eliminación del papel posterior que recubre la transferencia, transcurridas 24 horas después de su adhesión.



Fig.228. Proceso sucesivo de humectación y eliminación de papel.





Fig. 229 y 230. El papel que recubre la transferencia ha de eliminarse con cuidado para no dañar la fina capa de la imagen impresa. El mejor resultado se ha obtenido frotando con un papel absorbente o un trapo de algodón limpio.



Fig.231. Imagen de impresión por burbuja de tinta, transferida sobre dolomía de Bernuy con silicato potásico. Fragmento de una imagen de Javier Vallhonrat<sup>222</sup>.

Es muy importante que una vez aplicado el silicato en ambas superficies se pongan en contacto inmediatamente, lo cual ayuda a que salga el exceso de producto aplicado ya que el silicato potásico rápidamente adquiere mayor viscosidad. Si separamos las superficies una vez puestas en contacto no se pueden adherir de nuevo ya que el silicato cuando comienza a secar adquiere consistencia de gel, lo que además dificulta su limpieza.

El resultado final de la transferencia es una imagen totalmente mate, con poca intensidad en los oscuros y en los tonos saturados, las zonas blancas de la imagen quedan también transferidas en blanco (fig. 231) con lo que apenas se aprecia la piedra soporte de la transferencia. Únicamente si mojamos la superficie se obtiene cierta transparencia y saturación de los colores (fig. 232).

<sup>222</sup> VALLHONRAT, Javier. "El espacio poseído" *Álbum Letras Artes*. 1996, Primavera 96, num. 47.(Madrid). p. 20.



*Fig. 232. Si se moja la imagen se transparenta el moteado y tono del soporte de piedra dolomía en las zonas blancas y los tonos adquieren profundidad.*



Al observarse esta característica de transparencia de la probeta se van a realizar una serie de probetas y ensayos con productos aplicados directamente sobre la transferencia para constatar si alguno de ellos aporta mayor profundidad de color, sin producir brillo o alterar excesivamente la superficie.

El problema que presenta el silicato potásico es la formación de burbujas al realizar la superposición de la imagen sobre la piedra, esto provoca el desprendimiento de la imagen en esas zonas (fig. 233).



*Fig. 233. Probeta en la que se han producido pequeñas burbujas de aire al realizar la adhesión de la imagen a la piedra.*

## ENSAYO Nº 51

## Papel alto brillo

Para otros papeles fotográficos es necesario realizar una comprobación previa, sobre todo conviene comprobar que la parte posterior del papel sea absorbente y no esté plastificado.



Los papeles de impresión con características similares al experimentado en el ensayo anterior tienen una buena relación calidad-precio. Sin embargo para papeles más caros, y por consiguiente con mejores propiedades de brillo e imagen, la transferencia no es posible. En estos papeles, aunque se produce la adhesión de la imagen a la piedra, es imposible eliminar el recubrimiento plastificado de la parte posterior de la imagen ya que no se puede humedecer.

Fig. 234. Paquete de hojas para impresión de tinta de alta calidad.

En la probeta de la fotografía (fig. 235) se ha utilizado un papel de la marca Canon Fotográfico Brillo Extra Inkjet Photo Paper Plus High Glossy, de 270 g/m<sup>2</sup> para la impresión de fotografía profesional (fig. 234). Una vez adherida la imagen no se pudo eliminar el plástico de la parte posterior ni siquiera aplicando calor y raspando con una espátula de metal.



Fig. 235. Probeta en la que la transferencia se ha realizado con papel de alta calidad

El papel fotográfico indicado al principio de este apartado (de la marca Canson Photopaper) se va a utilizar en el resto de las pruebas de transferencia con impresión de tinta.

### 5.3.2.2 Adhesión del papel de impresión de tinta

Este ensayo se realiza para comprobar si es posible adherir una imagen a la dolomía con silicato potásico. En este caso no sería una transferencia, sino una simple *adhesión directa* del papel de impresión por su parte posterior sobre la piedra.

#### ENSAYO N° 52

#### Adhesión directa

**Papel - impresora:** Canson – Premiun Quality, Inkjet Glossy Photo Paper para impresoras de tinta de 180 gr, brillante, 2800 dpi (puntos por pulgada). Impresora de tinta marca Canon i 965.

**Muestra A: Adhesión directa de la imagen.** Se aplica el silicato potásico en la parte posterior de la imagen de impresión de tinta y en la superficie de la piedra, poniendo después en contacto y presionando ambas superficies. El silicato potásico actúa lentamente sobre el papel adhiriéndolo progresivamente a las pequeñas irregularidades de la superficie. La adhesión final de la imagen es muy buena, se marca incluso la textura lijada de la piedra (Probeta A- fig. 237). No se alteran los colores ni el brillo de la imagen digital impresa (fig. 236).

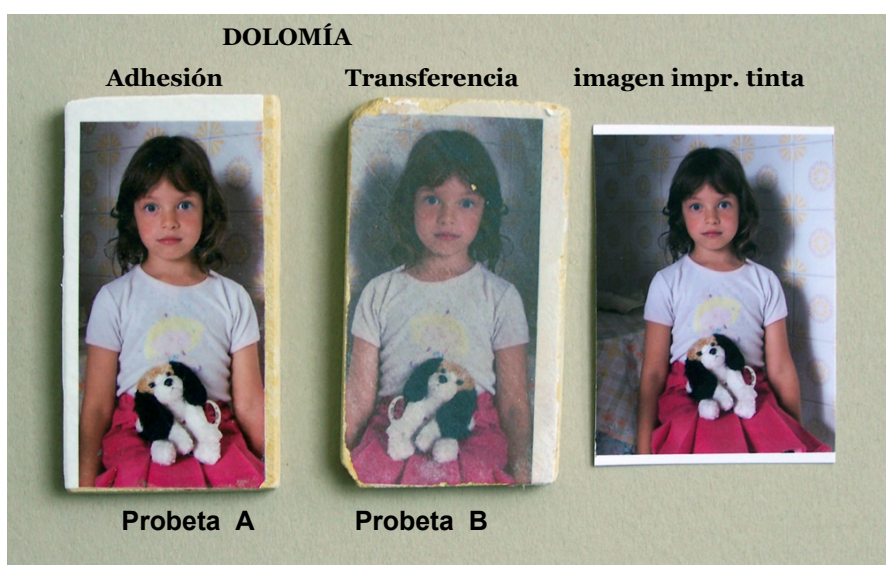


Fig. 236. Ensayos de adhesión A y transferencia B de imagen digital de impresión de tinta sobre dolomía.



Fig. 237. Vista lateral- probetas A y B.

**Muestra B. Transferencia directa TD.** Transferencia directa TD a dolomía. Es una transferencia de imagen inversa, es decir la superficie brillante del papel queda fijada a la piedra por el silicato, y por tanto lo que observamos en esta probeta es la parte posterior de la impresión en sentido invertido a la impresión digital (Probeta B, fig. 236). El aspecto es completamente mate y con menos tono en los oscuros que la imagen impresa (fig. 237).

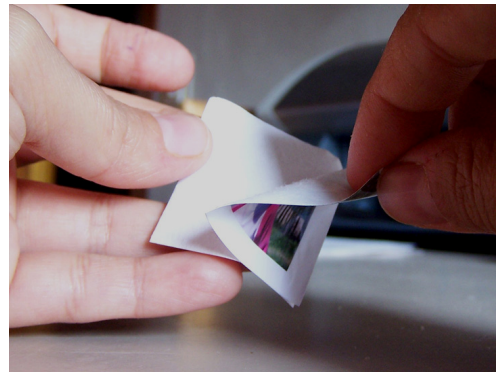


## **ENSAYO N° 53 Superficies rugosas y capa posterior de silicato**

**Papel e impresora:** Canson – Premiun Quality, Inkjet Glossy Photo Paper para impresoras de tinta, brillante, 180 gr. Impresora de tinta marca Canon i 965

### **Superficies rugosas.**

**Probeta N° 1.** Se plantea este ensayo para comprobar la adaptabilidad de la imagen a superficies que presentan textura. Pero sería preciso utilizar un papel de menor gramaje que el elegido para las pruebas. No obstante este papel, en pequeños recortes (3 x 3 cm), permite abrirlo por la mitad, reduciendo así su grosor sin dañar la imagen. Este método no es efectivo para imágenes de mayor tamaño y se ha utilizado únicamente para realizar esta comprobación.



*Fig. 237. Desprendimiento en seco de la imagen de la parte posterior del papel.*



La imagen se adhiere con silicato potásico (M. Riesgo) sobre la superficie rugosa. Ésta se adapta perfectamente a la rugosidad de la piedra y su adhesión es muy buena (fig. 238, probeta N°1 a la izquierda )

*Fig. 238. Probetas con imágenes adheridas.*

### **Silicato potásico sobre la imagen adherida**

**Probeta N° 2.** La adhesión de la imagen se ha realizado según el procedimiento indicado en la probeta n° 1. Después se ha aplicado sobre ella una capa de silicato potásico para comprobar su resultado. En las zonas donde se ha acumulado el silicato potásico se produce un velo blanquecino superficial, por lo que no es un producto apto para aplicarlo sobre la imagen (fig. 238 derecha, probeta N° 2).



## ENSAYO N° 54 tratamientos previo y posterior de imagen adherida

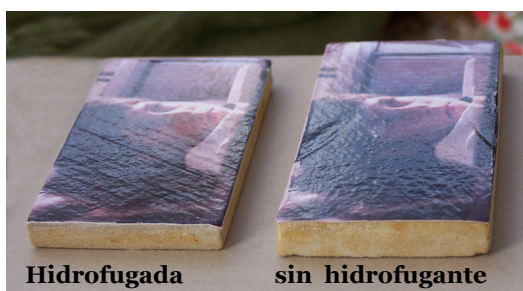


Fig. 239. Probetas realizadas por adhesión de la imagen impresa. Arriba. Vista lateral.

**Papel e impresora:** Canson – Premiun Quality, Inkjet Glossy Photo Paper para impresoras de tinta, brillante, 180 gr. Impresora de tinta marca Canon i 965

Se parte de una imagen de impresión de tinta que se va a adherir directamente sobre la piedra. Una de las probetas N°1 se tratará previamente con hidrofugante.

El tratamiento posterior será: en la probeta previamente hidrofugada N°1 se aplicará un hidrofugante como capa final, y en la otra N°2 como capa final se aplicará Paraloid B72.

### **Probeta N° 1**

El objetivo de esta probeta es el tratamiento previo (de la dolomía) y posterior (sobre la transferencia) con hidrofugante.

#### **Proceso:**

Hidrofugación dolomía: 21-10-2007 Aplicación de hidrofugante a la dolomía, Lotexan N dos capas.

Adhesión: 29-12-2007 Aplicación de un tensioactivo muy diluido (Fairy al 5% diluido en agua destilada). Inmediatamente sobre la pieza aún húmeda aplicación a pincel de una capa generosa de silicato potásico (M. Riesgo), también en la parte posterior (no impresa) de la imagen, a continuación se ponen en contacto ambas superficies y se presiona ligeramente.

Hidrofugación: 12-01-2008 Aplicación de dos capas de hidrofugante Lotexan N a la imagen pegada sobre la piedra.

### **Probeta N° 2**

Sobre una probeta de piedra se adhiere la imagen impresa (impresión de tinta). Después, con la aplicación de Paraloid B72 se pretende aportar resistencia, ya que la imagen es susceptible de sufrir deterioro por rozamiento (fig. 239).

Adhesión: 23-12-2007 Pegado con silicato potásico (M. Riesgo) de la imagen digital impresión de tinta sobre la probeta de dolomía sin tratamiento previo.

Capas finales: 03-01-2007 Aplicación de dos capas de Paraloid B 72 al 5% sobre la imagen impresa adherida.

### **OBSERVACIONES**

La superficie final de las imágenes adheridas en ambas probetas no presenta ningún cambio físico apreciable en su superficie, cambio de tono o color pese a los productos aplicados.

La adhesión de estas imágenes con silicato potásico es realmente buena. No se ha aplicado peso o presión sobre la superficie a adherir, y sin embargo el papel se ha adaptado a las pequeñas irregularidades de la piedra (fig 239, vista lateral).

La resistencia a la humedad es muy buena en la probeta N° 1 (tratada previa y posteriormente con hidrofugante) ya que una micro-gota colocada 5 minutos sobre su superficie no produce ningún efecto apreciable. La probeta N° 2, en la que se ha adherido la imagen y se ha aplicado posteriormente Paraloid B72, muestra un ligero abultamiento por la humectación de la zona donde la micro-gota aplicada ha permanecido durante 5 minutos, por lo que su superficie es más sensible a la humedad.

### 5.3.2.3 Tratamientos posteriores y previos a la transferencia directa, TD

Se van a realizar una serie de probetas y ensayos con diversos productos con la finalidad de proteger la superficie de la imagen transferida TD y si es posible que aporten mayor profundidad de color.

#### **ENSAYO N° 55**

#### **Tratamientos posteriores**

**Papel e impresora:** Canson – Premiun Quality, Inkjet Glossy Photo Paper para impresoras de tinta, brillante, 180 gr. Impresora de tinta marca Canon i 965

#### **Proceso de transferencia**

3-11-2007. Transferencia directa TD de las imágenes de todas las probetas con Silicato Potásico (marca M. Riesgo). 4-11-2007 eliminación del papel de la parte posterior.

#### **Productos aplicados posteriormente a la transferencia y proporciones (fig.247 )**

**N° 0.** 03-11-2007. Imagen de referencia, transferencia directa TD sobre dolomía.

**N° 1.** 11-11-2007. **Hidrofugante** de siloxanos, LotexanN (dos capas en un intervalo de 10 min)

**N° 2.** 06-11-2007. **Paraloid B 72** diluído al 5% en acetona (dos capas).

**N° 3.** 10-11-2007. **Silicato Potásico** (M. Riesgo) diluido (1 silicato x 3 agua destilada). Aplicación de dos capas consecutivas en húmedo. Inmediatamente se eliminó el resto líquido no absorbido.

**N° 4.** 11-11-2007. **Paraloid B 72** diluído al 5% en acetona (dos capas).

1ª capa. **Barniz de Retoque** (Retouching Varnish-Talens) diluido al 50% en White Spirit.

2ª Capa. Barniz de Retoque sin diluir.

**N° 5.** 11-11-2007. **Paraloid B 72** diluído al 5% en acetona (dos capas).

1ª capa. **Barniz acrílico** (Acrylic Varnish Matt, Talens). Diluído al 50% en White Spirit.

2ª Capa. Barniz acrílico (Acrylic Varnish-Talens) sin diluir.

**N° 6.** 11-11-2007. **Paraloid B 72** diluído al 5% en acetona (dos capas).

1ª capa. **Painting Medium** (Talens- 083). Diluído al 50% en White Spirit.

2ª Capa. Painting Mediumsin diluir.

**N° 7.** 11-11-2007. 1ª y 2ª capa. **Barniz Mate en spray**. (Picture Varnish Matt 003 -Talens).

**Tratamientos posteriores a la transferencia directa impresión de tinta.**



**Fig. 240.** Mónica. Diversas probetas con tratamientos posteriores a la transferencia.

**Imágenes impresión tinta**



**Transferencias S/Dolomía**



**0**

**Nº 0**  
Transferencia al Silicato sin tratamiento posterior.

**1**

**Nº 1**  
Transferencia + Hidrofugante

**2**

**Nº 2**  
Transferencia + Paraloid B72

**3**

**Nº 3**  
Transferencia + silicato potásico diluido

**4**

**Nº 4**  
Transferencia + Paraloid B72 + Retouching Varnish

**5**

**Nº 5**  
Transferencia + Paraloid B72 + Acrylic Varnish Matt

**6**

**Nº 6**  
Transferencia + Paraloid B72 + Painting Medium

**7**

**Nº 7**  
Transferencia + Barniz Mate en Spray



### **Mayor profundidad de color:**

Se consigue mayor profundidad de color en las probetas N° 2 (Paraloid), N° 4 (Barniz de retoques), N° 5 (Barniz mate acrílico) y N° 6 (Painting Médium).

### **Hidrofugación o capa impermeable de la superficie:**

Se observa el cambio de tono por mojado de la superficie de las probetas después de aplicar una micro-gota de agua y transcurridos unos minutos.

El resultado es bueno en las probetas: N° 4 (Barniz de retoques), N° 5 (Paraloid y Barniz Acrílico Mate) y N° 1 (hidrofugante de siloxanos) ya que son las menos absorbentes.

**Tabla 33.** Observaciones sobre los tratamientos posteriores de las probetas (fig. 240)

| NUMERO                            | Aumento tono | hidrofugación | Aporta brillo                  |
|-----------------------------------|--------------|---------------|--------------------------------|
| 0- sin tratamiento                | --           | NO            | NO                             |
| 1- hidrofugante                   | NO           | <u>SI</u>     | NO                             |
| 2- Paraloid B72                   | <u>SI</u>    | poca          | NO                             |
| 3- Silicato Potasico              | poco         | NO            | NO                             |
| 4- Paraloid y Barniz retoques     | <u>SI</u>    | <u>SI</u>     | <u>Semi-satinado irregular</u> |
| 5- Paraloid y Barniz Acrylic matt | <u>SI</u>    | <u>SI</u>     | NO                             |
| 6- Paraloid y Painting Medium     | <u>SI</u>    | poca          | <u>Semi-satinado irregular</u> |
| 7-Barnizmate spray                | NO           | NO            | NO                             |

### **Tratamientos seleccionados posteriores a la transferencia directa con silicato:**

- Por una parte el tratamiento con hidrofugante ya que impermeabiliza la superficie y no ofrece cambios significativos. El resultado de este producto es bueno pero con su aplicación sobre la imagen transferida no ofrece la misma repelencia al agua que cuando se aplica sobre piedra, además cuando han transcurrido unos minutos, si eliminamos la gota de agua depositada, se observa un leve cambio de tono por mojado la superficie de contacto.

- Otro tratamiento recomendable es el de Paraloid B 72 ya que ofrece una apreciable disminución de la absorción de la superficie. Actúa como consolidante de la superficie en la que se ha realizado la transferencia con silicato y aumenta el tono de la transferencia. Además se puede utilizar sobre la resina de silicona.

- Sobre la capa de Paraloid B 72 también se pueden aplicar barnices como productos finales, entre los seleccionados en este ensayo estarían: el barniz de retoques (semi-satinado) y el barniz acrílico mate.



Fig.241. Probetas de dolomía con tratamientos previos a la transferencia (las dos piezas de la izquierda) e imagen impresa (derecha). Se observa la diferencia de tonos entre las probetas 1 y 2. Filigrana geométrica de trozos de baldosín conocida como Zillij, de una fotografía de Peter Sanders.<sup>223</sup>

**Papel e impresora:** Canson – Premiun Quality, Inkjet Glossy Photo Paper para impresoras de tinta de 180 gr, brillante. Impresora de tinta marca Canon i 965

#### Nº 1. Dolomía previamente pintada con pintura al silicato.

Pintura al silicato: Se aplica pigmento Negro de Humo de la empresa Agroquímicas del Vallés. Del 20 al 26 de Octubre de 2007 (seis fijaciones pulverizadas) con 1 volumen de silicato potásico (M. Riesgo) diluido en 3 volúmenes de agua destilada.

Transferencia: 16-11-2007 Transferencia mediante silicato potásico marca Riesgo de imagen digital/impresión de tinta, transferencia directa TD.

17-11-2007 Se humedece la pieza y se retira el papel de la parte posterior.

**Observaciones:** El tono negro del fondo es muy evidente en todos los colores de la imagen transferida. La transferencia de la imagen sobre pintura al silicato es buena y aspecto muy mate.

<sup>223</sup> WERNER, Louis. “Zillij in Fez”. [Back cover- Portada posterior] En *Saudi Aramco World*. May/June 2001. Published Bimonthly, Vol. 52, No. 3. (Houston, Texas, USA).

## Nº 2. Dolomía previamente tratada con hidrofugante.

Hidrofugación: 21-10-2007 Aplicación de hidrofugante Lotexan N, dos capas.

Transferencia: 16-11-2007 Aplicación de agua jabonosa (Agua destilada y jabón marca Fairy al 5%), para eliminar la tensión superficial aportada por el hidrofugante y poder aplicar el silicato potásico sobre la dolomía. Eliminación del exceso de agua y aplicación inmediata del silicato (Manuel Riesgo) sin diluir y con pincel, sobre la superficie aún húmeda de la piedra y también sobre la parte impresa de la imagen e inmediatamente se ponen en contacto ambas superficies.

17-11-2007 se humedece y retira el papel de la parte posterior de la pieza.

**Observaciones:** El aspecto de la transferencia es el mismo que el realizado sobre una piedra sin hidrofugar.

La adhesión de la imagen sobre la superficie hidrofugada es realmente buena. El hidrofugante se utilizó para tratar la piedra que sirve de soporte, sin embargo la superficie de la imagen transferida con silicato es sensible a la humedad, es decir, se moja al aplicar una microgota de agua. Por tanto sería conveniente la aplicación de un tratamiento protector de la superficie de la imagen por ejemplo con Paraloid B 72, lo que prevendría su deterioro ante posibles abrasiones superficiales.

### 5.3.2.4 Intemperie

Se colocan unas piezas realizadas con transferencia directa a la intemperie, para comprobar la duración de la transferencia realizada, aunque se espera que las tintas se vayan a decolorarse rápidamente.

**Papel e impresora:** Canson – Premiun Quality, Inkjet Glossy Photo Paper para impresoras de tinta, brillante, 180 gr. Impresora de tinta marca Canon i 965

## ENSAYO Nº 57

## Intemperie

La probeta Nº 1 se ha realizado sobre una piedra hidrofugada previamente (para evitar la entrada de humedad en la piedra). La probeta nº 2 sobre piedra sin tratamiento previo. Ambas imágenes están tratadas posteriormente con una capa de (Paraloid B 72) y un barniz mate (Acrilic Varnish Matt-Talens) para consolidar, reforzar y proteger la superficie porosa de la imagen transferida.



### Nº 1- Hidrófoba

Hidrofugación: 21-10-2007. Hidrofugación de la dolomía con dos capas de Lotexan N.

Transferencia: 23-11-2007 Transferencia directa TD con Silicato potásico (M. Riesgo).

24-11-2007 Eliminación del papel de la imagen adherida a la piedra.

Paraloid B 72: 26-11-2007 Aplicación de 3 capas de Paraloid B 72 diluido en acetona al 5%

Barniz: 30-11-2007 1 capa de barniz (Acrylic Varnish Matt- Talens).

Intemperie: **29-12-2007 Colocación a la intemperie.**

### Nº 2- Sin tratamiento previo

Dolomía sin tratamiento previo

Transferencia: 23-11-2007 Transferencia mediante silicato potásico (M. Riesgo )

Paraloid B72: 26-11-2007 Aplicación de tres capas de Paraloid B 72 diluido en acetona al 5%.

Barniz: 30-11-2007 1 capa de barniz (Acrylic Varnish Matt- Talens).

Intemperie: **29-12-2007 Colocación a la intemperie**



Fig.242. Probetas N°1 y N°2 de imagen transferida sobre dolomía antes de ser colocadas a la intemperie.

**1 mes aproximadamente de exposición a la intemperie, del 29 Diciembre 2007 al 26 enero 2008.**



Fig.243. Probetas colocadas a la intemperie.

Con cuatro semanas de exposición a la intemperie la decoloración de las tintas de impresión de las imágenes transferidas es significativa, los tonos verdes se han vuelto azulados.



**6 semanas de exposición a la intemperie, del 29 Diciembre 2007 al 10- Febrero-2008.**



*Fig. 244. Probetas colocadas a la intemperie.*

Las tintas han sufrido un importante cambio de tono, especialmente los verdes y negros que se presentan azulados y decolorados.

**2 meses de exposición a la intemperie, del 29 Diciembre 2007 al 24- Febrero-2008.**



*Fig. 245. Mónica. Probetas colocadas a la intemperie.*

Después de dos meses de exposición a la intemperie los rayos solares han cambiado completamente la totalidad de los tonos impresos. Sin embargo la adhesión de la imagen al la piedra es buena.

**5 meses aproximadamente de exposición a la intemperie, del 29 Diciembre 2007 al 15-Mayo -2008**

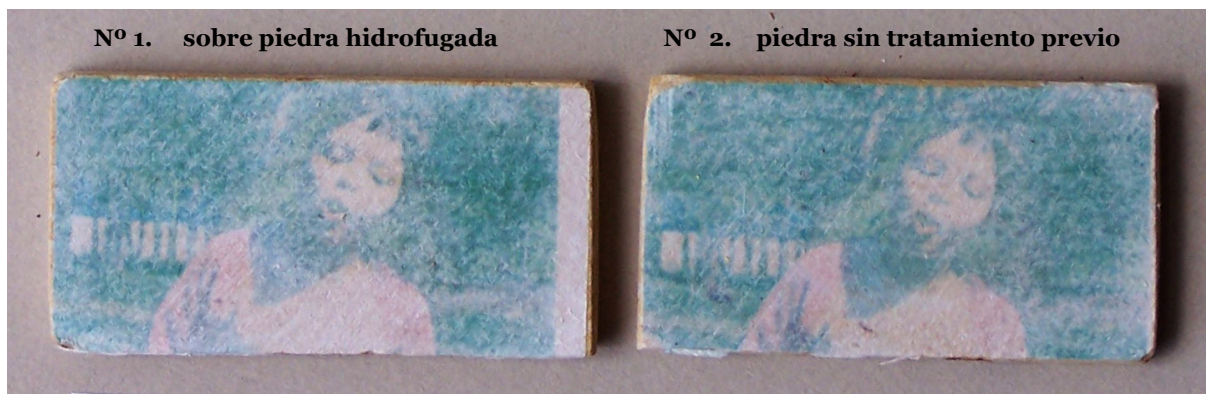


Fig. 246. Probetas colocadas a la intemperie.

Después de cinco meses de exposición a la intemperie en las probetas apenas se distingue la imagen. El amarillo, magenta y negro, prácticamente han desaparecido, mientras que un color verdoso aparece como referencia de lo que fue la imagen.

**9 meses de exposición a la intemperie, del 29 Diciembre 2007 Septiembre -2008**



Fig. 247. Probetas colocadas a la intemperie después de nueve meses.

Las imágenes transferidas han desaparecido completamente quedando únicamente los restos de adhesión del papel y base blanca del papel fotográfico de la transferencia, lo que es indicativo de que tanto la transferencia con silicato que se ha realizado como la sucesión de capas ha sido efectiva. Sólo se precisaría que este proceso se realizase con unas tintas de impresión resistentes a la luz solar.



### 5.3.3 IMPRESIÓN LÁSER Y TRANSFERENCIA INDIRECTA TC

Dados los buenos resultados obtenidos con silicato potásico como adhesivo en la transferencia de imágenes de impresión de tinta y los pésimos resultados obtenidos con la impresión láser; se optó por experimentar mediante la transferencia a partir de la fabricación de una calcomanía TC, utilizando medios orgánicos (resinas acrílicas) como medio complementario o transitorio y su posterior adhesión con silicato potásico.

#### 5.3.3.1 Transferencia por calcomanía

Se realizan dos probetas, una partiendo de imagen digital láser y otra de imagen digital de impresión de tinta, para experimentar el método definido en esta tesis como de transferencia indirecta o por medio de la realización de una calcomanía TC, proceso que se indicará detalladamente a continuación.

#### **ENSAYO N° 58**

#### **Método indirecto TC**

Cada una de las imágenes se divide en dos mitades, cada una de ellas se tratará con una resina, Transcryl en la mitad izquierda y Primal en la derecha, para la creación de la calcomanía a adherir.

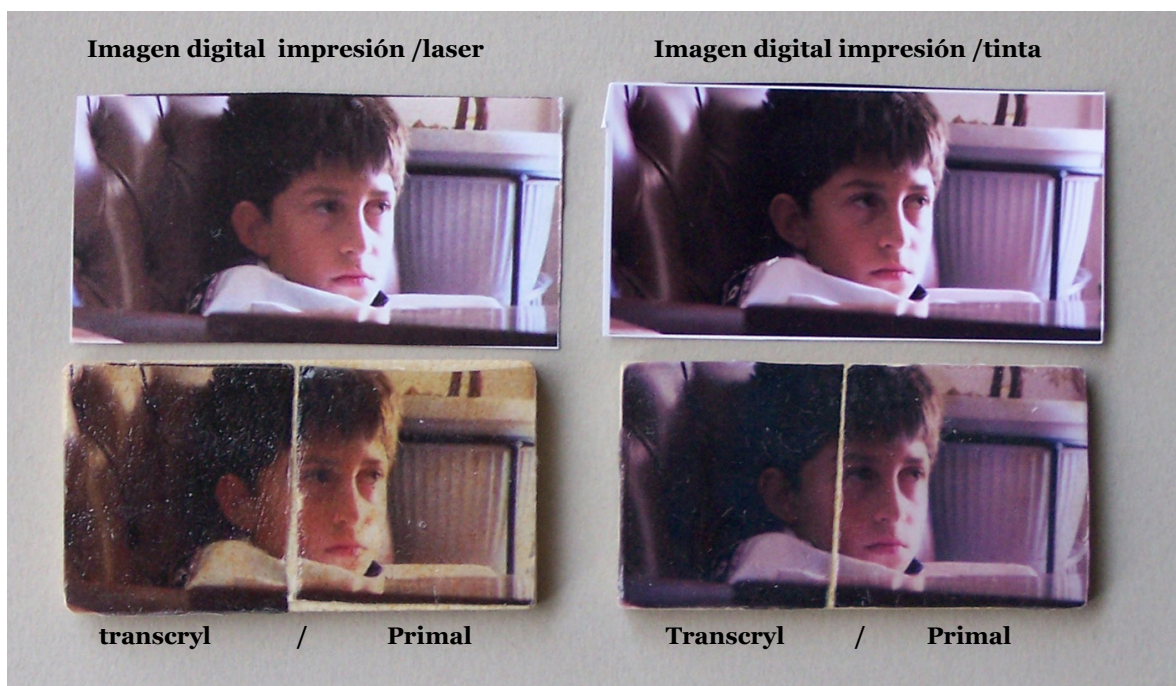


Fig. 248. Imágenes (impresión láser e impresión de tinta), y probetas realizadas por adhesión de calcomanía mediante silicato potásico.

#### **Proceso:**

Calcomanías: 22-1-2008- Para la preparación de éstas calcomanías se aplican 6 capas generosas de cada una de las resinas acrílicas indicadas en la fotografía (fig. 248) sobre las respectivas imágenes a transferir (secado entre capas no inferior a 30 minutos).

Al día siguiente (24 horas de secado) se sumergen en agua, a los pocos minutos se puede separar fácilmente el papel de la parte posterior, y se coloca la imagen-calcomanía aún húmeda, sobre una superficie no absorbente con la superficie mate que tenía papel hacia arriba. Se humedece con agua destilada eliminan frotando suavemente con un trapo de algodón los restos de papel y limpiando la superficie a adherir. Esta calcomanía ha de fijarse sobre la piedra antes de que se reseque y deforme.

Adhesión de la calcomanía: Se utilizó silicato potásico (M. Riesgo), aplicándolo sobre la superficie lisa de la piedra y sobre la superficie de la calcomanía que acabamos de limpiar que aún está sobre la mesa de trabajo. Ambas superficies con silicato han de ponerse en contacto inmediatamente ya que de lo contrario el silicato potásico comienza a reaccionar y gelificar, adquiriendo mayor viscosidad al pasar a estado de gel, lo que impide su adhesión. Es preciso que para que se produzca una buena adhesión el silicato se encuentre fluido.

Una vez que ponemos las dos superficies en contacto se presionará ligeramente desde el centro a los bordes para permitir que salgan las posibles burbujas que producirían la falta de adhesión puntos concretos. El producto sobrante que salga por los bordes se limpiará con un trapo suave o papel de celulosa.

## **OBSERVACIONES**

En estas transferencias la adhesión de las imágenes tanto de impresión láser como de impresión de tinta con silicato potásico a la dolomía es muy buena (fig. 248).

Ambas imágenes presentan un brillo satinado aportado por las capas de resina acrílica (primal o Transcryn) que recubren la imagen adherida (capas que se aplicaron para desprender la calcomanía). Esta capa plástica sirve de protección a la imagen, ya que en el método de transferencia directa TD se indicaba la fragilidad de la imagen al rozamiento.

La capa plástica externa de la imagen transferida, al realizar la calcomanía con primal, es más uniforme dada su consistencia más líquida que la de la resina Transcryn. No se observan mayores diferencias entre ambos productos.

Las imágenes finales presentan mayor profundidad de color que las obtenidas por transferencia directa ya que la imagen se presenta tal cual ha sido impresa, y con una capa protectora aportada por la resina acrílica.



### 5.3.3.2 Eliminación de la capa plástica.

La imagen transferida por calcomanía TC queda adherida mediante el silicato potásico a la piedra, sin embargo en su parte externa presenta el recubrimiento de resina orgánica aplicado (de transcryl o primal según el caso) necesario para hacer la calcomanía y separar la imagen del papel de impresión.

En la exposición a la intemperie esta capa de resinas acrílicas sufre deterioro, ver ensayo N° 63 Intemperie. La pregunta formulada es, si sería posible eliminar la capa de plástico que recubre la imagen. Se ha comprobado que si utilizamos como medio adhesivo de las calcomanías un aglutinante orgánico (como primal o transcryl), al intentar desprender la capa de plástico de la piedra se elimina todo, es decir arrancamos el plástico y a la vez la imagen adherida. Sin embargo, y curiosamente en la calcomanía adherida con silicato potásico no ocurre esto (fig. 249).

#### ENSAYO N° 59

#### Por arrancado

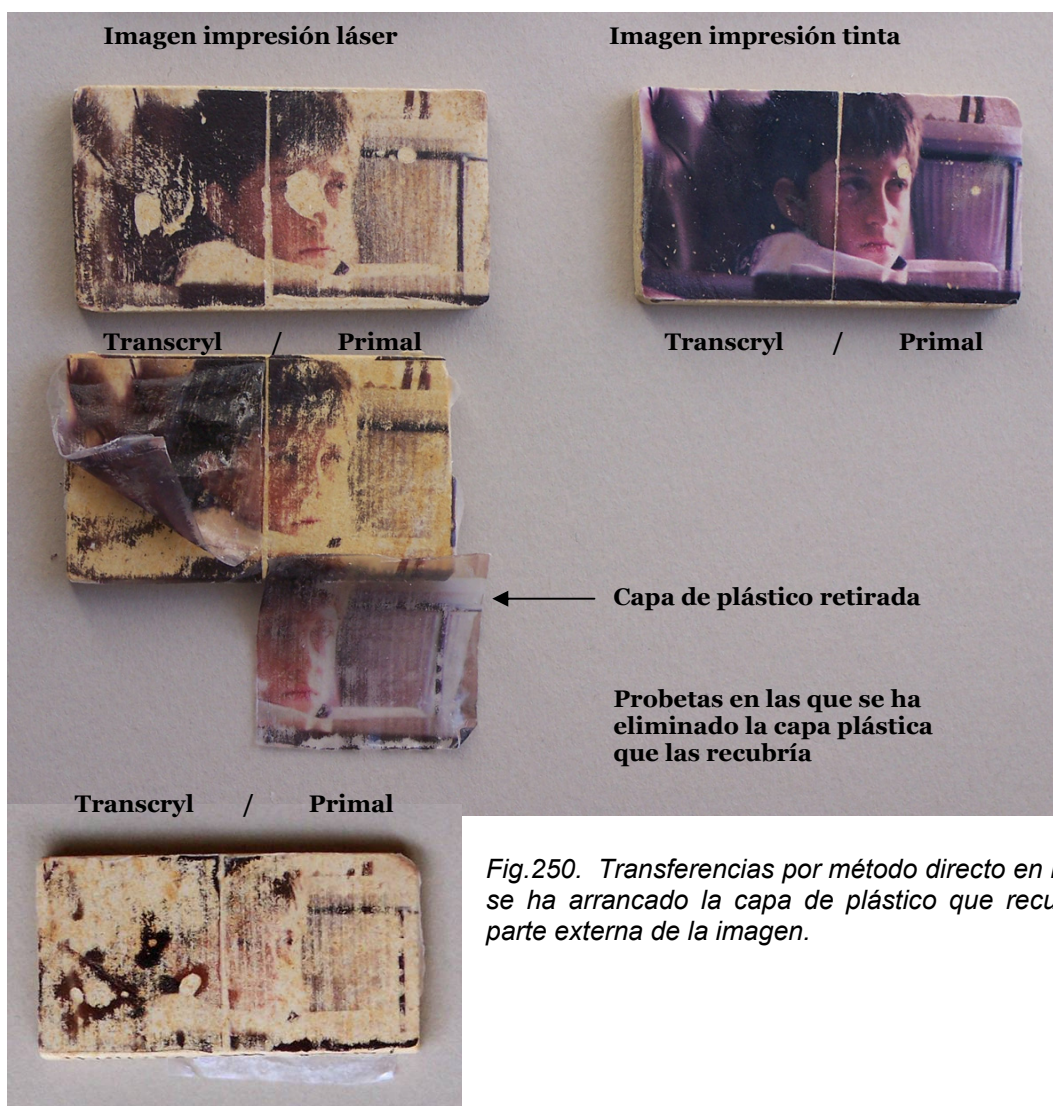
Imagen láser transferida a dolomía con silicato potásico mediante el método indirecto TC.



Fig. 249. Probetas en las que se ha arrancado la capa plástica, con ella se desprende parte de la imagen.

Parte de la imagen queda en el plástico, sin embargo una parte importante permanece adherida a la piedra. Al repetir el ensayo sucesivamente se observa un resultado heterogéneo, eliminándose más o menos parte de la imagen transferida.

**22-1-2008.** Se realiza el mismo ensayo con otras probetas. Para lo cual se preparan dos tipos de imágenes impresas, una imagen láser y otra de impresión de tinta. La transferencia se adhiere con silicato por el método indirecto TC, utilizando Primal o Transcryn respectivamente como medios transitorios para realizar la calcomanía.



*Fig.250. Transferencias por método directo en las que se ha arrancado la capa de plástico que recubría la parte externa de la imagen.*

## OBSERVACIONES

En la imagen de impresión de tinta el plástico se desprende fácilmente, quedando la imagen completa adherida a la piedra. Se pueden observar unas pequeñas zonas redondas en las que no se ha adherido bien la imagen debido a la presencia de burbujas de aire (fig. 250 arriba-derecha).

Al eliminar la capa plástica de la imagen de impresión láser se desprende una parte importante de la imagen. Repitiendo el proceso en distintas probetas se obtienen resultados negativos y heterogéneos. Se consideran dos causas: primera, puede que el silicato potásico no haya reaccionado suficiente con la superficie de la impresión láser, por lo que se habría producido



un fallo de adhesión; segunda, que la adhesión de la capa de plástico aplicada sea demasiado fuerte y aunque actúe correctamente el silicato, el plástico arranque la fina imagen láser adherida. Por estos motivos continúan realizándose otros ensayos.

## **ENSAYO N° 60**

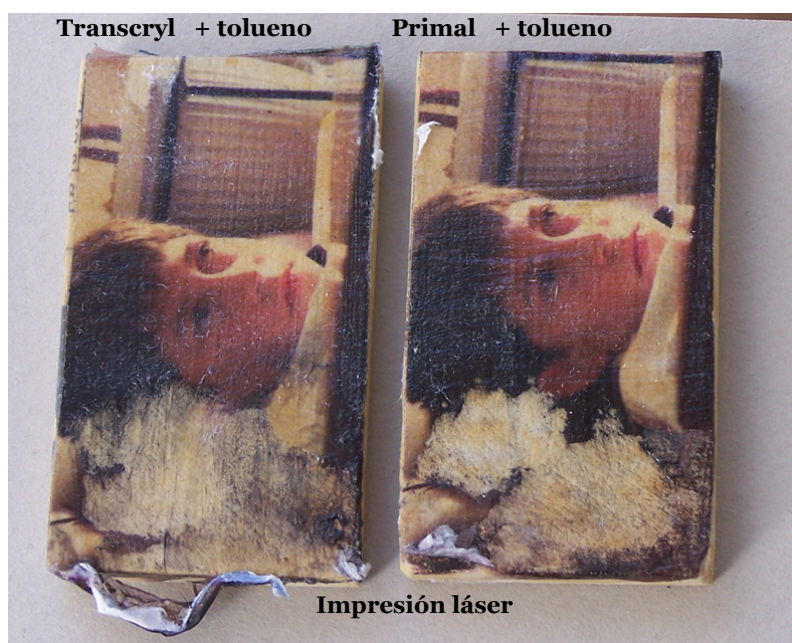
## **Por disolución**

Mediante este ensayo se pretende eliminar la capa de plástico sin dañar la superficie de imagen adherida con silicato.

Se realiza la calcomanía con una imagen láser de manera que la resina pueda ser eliminada posteriormente por disolución. Para ello se mezcla la resina acrílica previamente con Tolueno, lo que posibilita la disolución de la resina y su eliminación posterior con el mismo Tolueno. La proporción empleada es de 4 partes de resina acrílica por 1 de tolueno, moviendo constantemente hasta lograr una consistencia cremosa y fluida.

Se preparan cada una de las resinas respectivamente (Primal y Transcryn) con Tolueno y se aplican seis capas sobre las imágenes láser para preparar las calcomanías (tiempo de secado entre capas de 30 min). Al día siguiente se elimina el papel de la parte posterior y se adhieren con silicato potásico (M. Riesgo) sobre la piedra.

Transcurridas 24 horas de reacción del silicato se utiliza un trapo de algodón humedecido en tolueno para eliminar la capa de plástico, pero éste además elimina la imagen láser que es sensible a la acción de disolventes (fig. 251), con lo que no es un medio válido para el fin propuesto.



*Fig.251. Disolución de la imagen láser transferida.*

## ENSAYO Nº 61

## Por agente desmoldeante

Se continúa considerando que el silicato potásico adhiere correctamente la imagen a la piedra, pero que el plástico formado por las resinas acrílicas que recubre la transferencia es muy adherente.

Para este ensayo se decide utilizar un agente separador que disminuya la adhesión de la imagen impresa a la resina acrílica que la recubre, pero que a la vez permita que la resina tenga una adherencia suficiente para poder separar el papel de la parte posterior de la imagen sin dañarla.

El producto ha de ser un agente lo suficientemente graso para que actúe a modo de desmoldeante entre la capa de resina orgánica y la imagen impresa, y que a su vez quede en superficie y no penetre excesivamente en el papel para que permita la adhesión de la imagen a la piedra mediante el silicato potásico.

Se decide utilizar una cera microcristalina ya preparada de alta calidad Marca Renaissance (Micro-Crystalline Wax Ppolish) fabricada en Inglaterra y utilizada en el Museo Británico de Londres (fig. 252).

Fig. 252. Bote metálico de cera microcristalina comercialmente preparada. En la parte inferior se muestran las perlas de cera microcristalina para la preparación manual de esta cera.



El resultado obtenido utilizando cera microcristalina a modo de capa desmoldeante intermedia es realmente bueno (fig. 253). A continuación se indica todo el procedimiento llevado a cabo ya que puede resultar algo complejo.

Fig.253. Probeta en la que se ha utilizado cera para facilitar el desprendimiento de la capa plástica (Transcryn) que recubre la imagen láser transferida. Londres.



### Proceso

Primero se aplica con pincel de cerda una capa muy fina de cera sobre la cara impresa de la imagen digital de impresión láser, de modo que se distribuya uniformemente sobre la superficie cubriendo toda la imagen. Sobre todo no aplicar un exceso de producto, ya que la capa de cera ha de permitir la adhesión de la imagen impresa a la resina acrílica, para poder separar el papel de la parte posterior.

A continuación se realiza la superposición de las capas necesarias de resina orgánica (transcyl o primal), sobre la superficie impresa recién encerada de la imagen láser. En este caso se superponen 6 capas sucesivas, con un tiempo de secado entre capas de 30min. Aunque la cera es grasa la resina acrílica se puede distribuir perfectamente cubriendo la superficie de la imagen.



Al día siguiente se introduce la imagen en agua y se elimina el papel de la parte posterior (fig. 254). Se extiende seguidamente sobre una superficie no absorbente, con la parte tratada con resina acrílica hacia abajo y se limpia suavemente con un trapo de algodón la superficie de imagen a adherir. Después se aplica el silicato a la piedra y a la imagen (fig. 255) poniendo inmediatamente las dos superficies en contacto (figs. 256 y 257), presionando ligeramente del centro al exterior de la imagen, y después presionar suavemente durante unos segundos con la palma de la mano o un trapo seco sobre toda la superficie.

Fig. 254. Desprendimiento de la capa plástica con la imagen transferida.

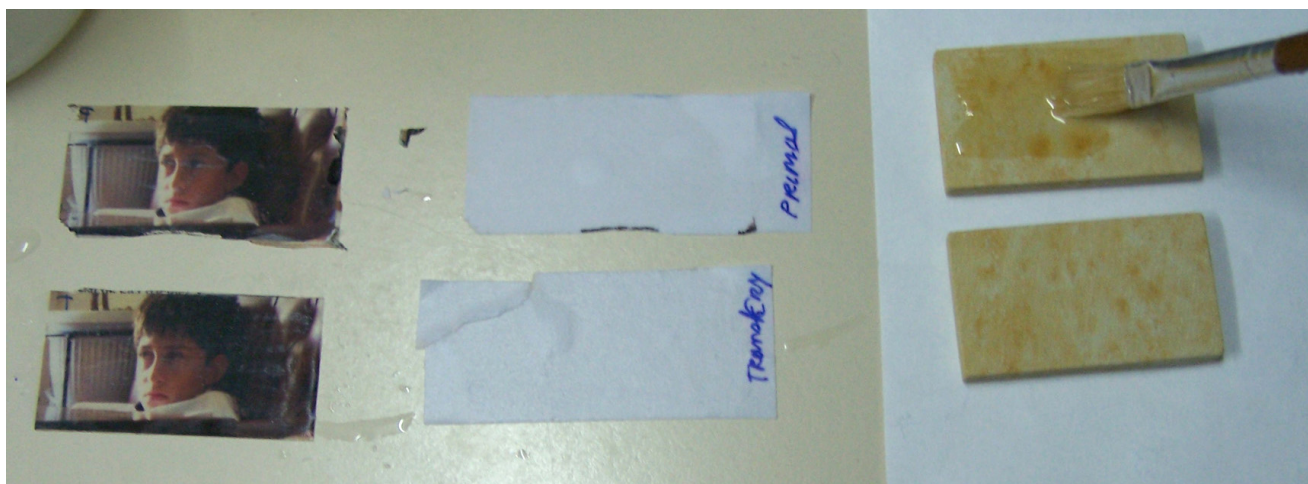


Fig. 255. Imágenes a adherir y aplicación del silicato potásico sobre las probetas de dolomía.



Figs. 256 y 257. Se coloca la calcomanía sobre la piedra comenzando por uno de sus extremos, y después se presiona suavemente desde el centro a los extremos para facilitar la salida del silicato sobrante.

Las probetas se dejaron secar durante 24 horas a temperatura ambiente sin aplicación de peso ni presión sobre ellas (fig. 258), ya que el silicato actúa adhiriendo lentamente la imagen a la piedra. Si observamos la probeta en ese transcurso de tiempo veremos que, poco a poco, se van marcando los detalles superficiales de la piedra en la superficie de la imagen colocada sobre ella (en este caso las finas marcas de lijado). Al día siguiente se retira el plástico que recubre la imagen (fig. 259).



Fig. 258. Imagen con la transferencia recién adherida y aún húmeda



Fig. 259. Desprendimiento de la capa plástica, la imagen queda adherida sobre la piedra.



## OBSERVACIONES

El silicato potásico (M. Riesgo) aporta una fijación excelente y una transferencia de la imagen láser a la piedra perfecta.

Los defectos de adhesión sólo son producidos por pequeñas burbujas de aire que impiden el contacto del silicato con la imagen, por lo que ésta no se adhiere a la piedra en esas pequeñas zonas (fig. 260)

Superficie de la imagen transferida muy mate, en ella que se aprecian los pequeños detalles superficiales y del lijado de la dolomía (fig. 259). También se observan algunas zonas con más brillo, esto es debido a la acumulación de silicato (fig. 260), por lo que es conveniente no aplicar un exceso de producto para adherir la imagen.

Al ser una imagen láser, las zonas que corresponden al blanco en la imagen impresa, en la transferencia quedan transparentes y se puede apreciar el tono del soporte.

Muy buena resistencia a la abrasión y roces superficiales.

La cera ha actuado de desmoldeante entre la capa acrílica y el tóner de la imagen pero al ser una cantidad ínfima no se puede especificar a simple vista si queda sobre la imagen o se desprende con el primal. En cualquiera de los casos no plantea un efecto perjudicial para la transferencia.

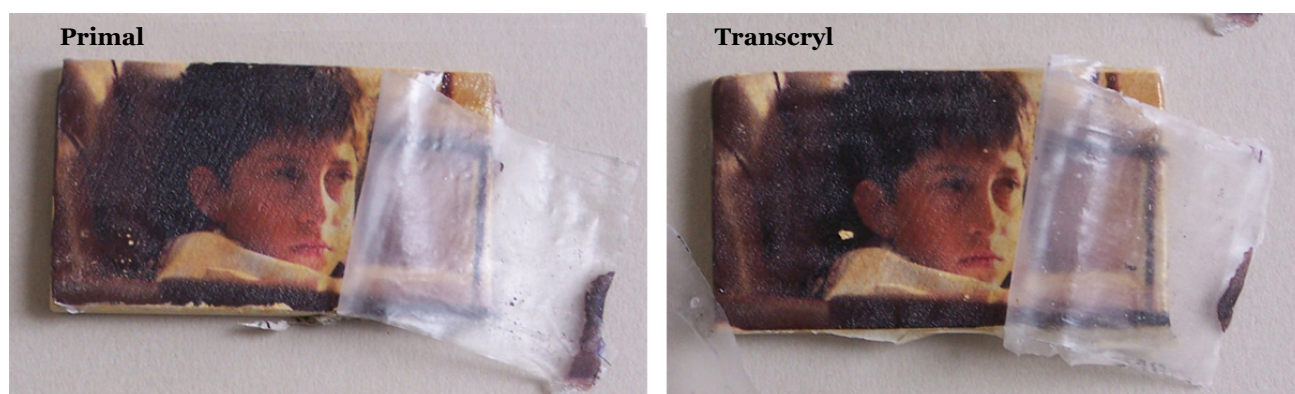


Fig.260 y 261. Resultado final de la transferencia, se ha dejado parte del plástico levantado en el que se puede observar que no queda nada de la imagen adherido, por lo que se transfiere el 100% de la imagen a la piedra.

## ENSAYO N° 62

## Cera microcristalina

Ya que el ensayo anterior ha dado resultado excelente, es conveniente comprobar si se conseguiría el mismo resultado preparando directamente la cera microcristalina. Para ello se emplea cera microcristalina granulada y como diluyente White Spirit. El proceso de transferencia completo será el mismo que el indicado ensayo anterior.

### **Preparación de la cera**

Las proporciones que se van a emplear en principio son al 50% en peso, se preparan 10 gramos de cera y 10 gramos de White Spirit. Se utiliza esta preparación en una probeta para contrastar el resultado obtenido con la cera comercial utilizada en el ensayo N° 61.

**Preparación:** Se calienta la cera al baño maría removiendo con una varilla de madera. Una vez diluida se retira del fuego y se añade White Spirit, se sigue moviendo y se acerca al fuego unos segundos moviendo hasta que se observa una mezcla perfecta. Dejar enfriar.



**OBSERVACIONES:** Esta cera es efectiva pero presenta una consistencia algo pegajosa. Además en algunas zonas se produce el desprendimiento leve de la imagen (fig. 262) por lo que se decide preparar una fórmula un poco menos diluida.

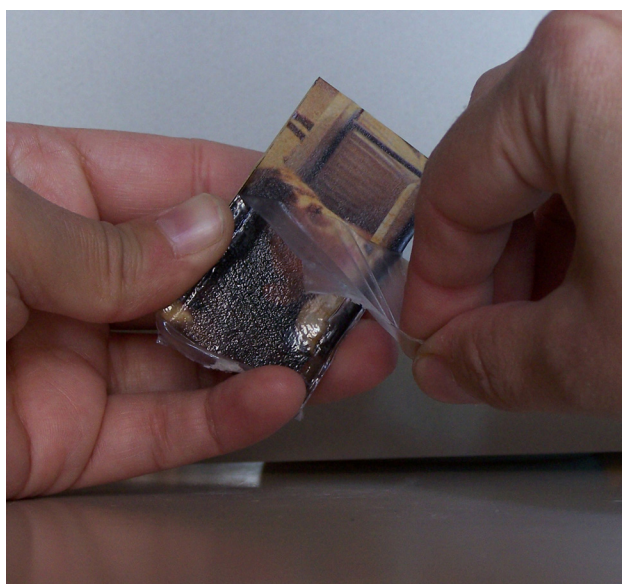
*Fig. 262 .Se desprende una pequeña zona irregular de la imagen (parte superior e inferior de la transferencia).*

**Fórmula final:** 18 gramos de cera microcristalina, 15 gramos de White Spirit.

Se ha aumentado ligeramente la proporción de cera para evitar que quede demasiado pegajosa. La preparación de la cera se ha descrito en el párrafo anterior.

El resultado es el mismo que empleando la cera comercial empleada en el ensayo N° 61.

*Fig. 263 .En esta fotografía se observa cómo se elimina perfectamente el plástico que recubre la imagen en una probeta que se ha empleado la segunda fórmula de cera.*





## OBSERVACIONES

El resultado conseguido en estas probetas es excelente. La cera actúa muy bien y la transferencia es muy buena.

No se observan diferencias en cuanto al uso de Primal o Transcryn como medio transitorio en las pruebas.

Sólo se observan unos pequeños desprendimientos de la imagen transferida debidos a la existencia de burbujas de aire (fig. 264). Éstas se evitarán realizando una cuidadosa superposición de la imagen al ponerla en contacto con la piedra. Es decir, ha de ponerse en contacto la imagen progresivamente desde un extremo al otro, para así facilitar la salida del aire. Una vez que están en contacto las dos superficies es muy difícil eliminar las burbujas de aire atrapado, principalmente porque el silicato pronto adquiere mayor viscosidad y no es posible levantar la imagen y volver a colocarla en su sitio (el silicato ya no impregna las superficies cuando adquiere consistencia de gel).



*Fig. 264. Perfecta transferencia de las imágenes láser con silicato potásico. Únicamente se observan unos fallos debidos a pequeñas burbujas de aire atrapadas entre la capa de plástico y la piedra.*

### 5.3.3.3 Intemperie

Se preparan dos probetas por adhesión de calcomanía TC de impresión láser para su exposición a la intemperie, y comprobar la resistencia de la capa transferida y adherida con silicato potásico sin eliminar la capa plástica que recubre la imagen transferida.

## ENSAYO N° 63

## Intemperie

**Impresión láser.** adhesión de calcomanía TC, con silicato potásico (M. Riesgo)

Hidrofugación: 12-1-2008 Aplicación de dos capas de hidrofugante. Lotexan N a la superficie de dolomía.

Transferencia: 21-1-2008 Realización de calcomanías con Transcyl y Primal AC 532.

22-1-2008 Eliminación de la parte posterior del papel. Aplicación de tensioactivo a la piedra para disminuir la tensión superficial aportada por el hidrofugante (agua jabonosa. Fairy en agua destilada al 10%). Aplicación de silicato potásico (M. Riesgo) a ambas superficies, poniéndose después en contacto.

\* Se deja la capa plástica que cubre la imagen a modo de protección.

**27-1-2008 Se coloca a la intemperie.**

**Impresión de tinta.** Se realiza el mismo proceso que en la probeta de impresión láser anterior, pero con una imagen de impresión de tinta sobre papel fotográfico.

**27-1-2008 Se coloca a la intemperie.**

**2 semanas de exposición a la intemperie, del 27 Enero 2008 al 10-Febrero-2008.**

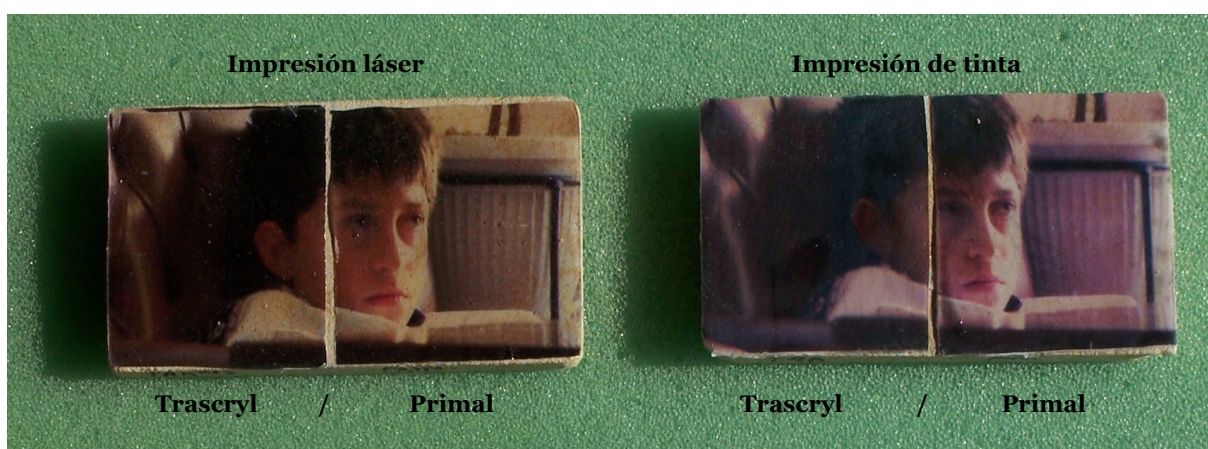


Fig.265. Probetas que han estado expuestas a la intemperie durante dos semanas.



**1 mes después de su exposición intemperie, del 27 Enero 2008 al 24 Febrero -2008.**

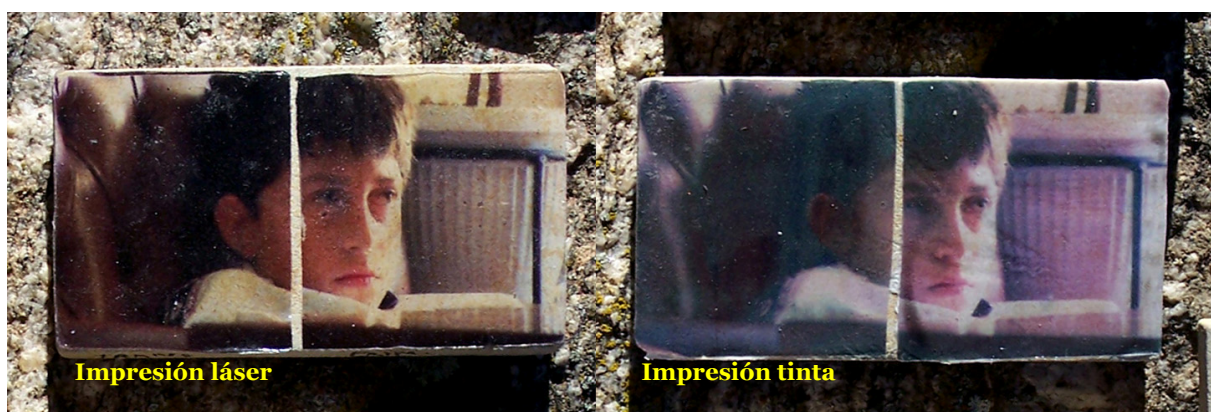


Fig. 266. Después de un mes a la intemperie.

Importante pérdida de color en la probeta de impresión de tinta, en la probeta de impresión láser los tonos en general son algo más claros.

**4 meses después de su exposición intemperie, del 27 Enero 2008 al 15- Mayo -2008.**

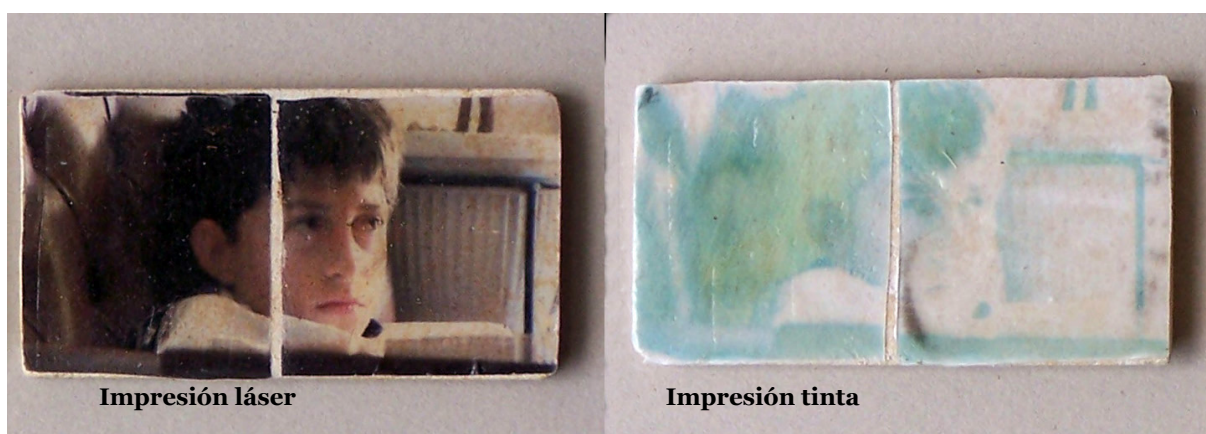


Fig.267. Probetas después de cuatro meses de exposición a la intemperie.

La imagen procedente de impresión láser conserva el color y su adhesión es buena. Sin embargo la transferencia de impresión de tinta se ha decolorado pero su adhesión es algo menor que la transferencia de imagen láser.

**8 meses después de su exposición intemperie, del 27 Enero 2008 a Septiembre - 2008.**



Fig.268. Después de ocho meses de exposición a la intemperie.

## OBSERVACIONES

La hidrofugación de la probeta impide la entrada de agua a la piedra, pero la transferencia, adherida con silicato potásico, está protegida únicamente por la capa de resinas acrílicas. Estas resinas sufren el proceso de dilatación y contracción por los cambios de temperatura lo que origina tensiones con la capa de adhesión al silicato. Después de ocho meses a la intemperie están adheridas a la piedra, pero en los bordes su adhesión fue menor y se puede levantar la capa plástica y con ello desprender trozos de imagen que han quedado adheridos a ella. De todas formas la resina acrílica ha resistido a la intemperie, al no producirse su desprendimiento en el tiempo que ha durado el ensayo y considerando las condiciones medioambientales extremas que han sufrido las probetas.

Con estos datos previsiblemente es más conveniente eliminar la capa plástica que recubre la imagen, y si se quiere proteger más aplicar sobre ella una o dos capas de Paraloid B72, ya que penetraría en profundidad en la imagen transferida y quedaría con un brillo natural.



### 5.3.4 IMÁGENES DE MAYOR TAMAÑO.

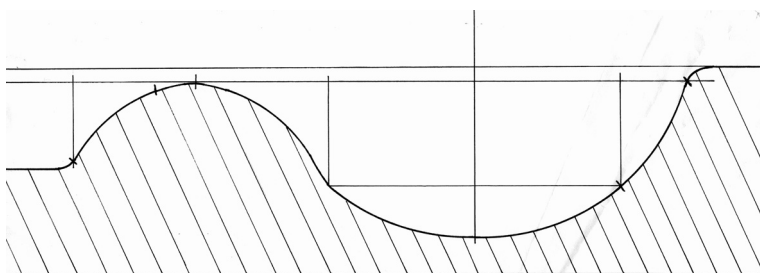
#### ENSAYO N° 64

#### Transferencia directa

Imagen digital de impresión de tinta (Canon Bj 950) sobre papel fotográfico (Canson). Producto utilizado para la transferencia directa: Silicato potásico (M. Riesgo)

Dolomía de Bernuy: Medidas 28,5 x 21 x 10 cm, con una superficie muy curva (Esquema 6).

Fecha de realización: día 24-12-2007



Esquema 6. Vista del dibujo en sección de la piedra, el cual presenta una curva pronunciada. Se prepara una plantilla con el contorno de ésta curva para tallar la piedra con esta forma. Fot. A. Sánchez Davía.



#### Proceso

1 Preparación de la dolomía mediante el lijado de la superficie con una lija basta P 60. Posteriormente, con agua y un cepillo de cerda se lavó la superficie eliminando los restos de polvo.

Fig. 269. Se utilizó: radial con disco de diamante, puntero, gradinas y cinceles para esculpir la piedra.



Fig.270. Una vez que se ha tallado la forma general de la piedra se utiliza una escofina para igualar la superficie.

**2** Tiempo de secado de 24 a 48 horas en interior, temperatura ambiente de 24°C.

Se cubren las zonas donde no se va a realizar la transferencia con cinta de carroceros y papel (Fig. 271). Alrededor de la superficie marcada para la imagen se dejó un margen de 0,5 cm en la piedra ya que cuando se impregna la imagen con silicato aumenta de tamaño.

**3** Pegado de la imagen. Se aplica abundantemente y uniformemente una capa de silicato potásico sobre la superficie de la piedra y sobre la imagen impresa a transferir (fig. 271) e inmediatamente después se ponen en contacto. Esta es la parte más complicada del proceso ya que una vez que entran en contacto imagen y piedra no existe posibilidad de rectificación, e inmediatamente después de ponerse en contacto las dos superficies el silicato comienza a gelificar a los pocos minutos.



Fig. 271. Dolomía en la que se acaba de aplicar el silicato potásico.



La superposición de la imagen ha de realizarse comenzando por un lateral, y presionando desde el centro a los bordes de la imagen. Ha de realizarse así para evitar faltas de fijación o burbujas de aire atrapadas entre el papel y la piedra.

Fig. 272. Presionar ligeramente sobre la imagen.



Fig. 273. Presionar y limpiar el exceso de silicato que sale por los bordes con un trapo limpio o con papel de celulosa.



Las deficiencias de adhesión no se pueden apreciar hasta que no se elimina el papel de la parte posterior de la imagen y se desprenden trozos de ésta (figs. 274 y 275) siendo imposible adherir el trozo de nuevo con silicato sin que se note la diferencia.

Se decide repetir el ensayo ya que aparecen desprendimientos debidos a la presencia de burbujas de aire. El silicato potásico crea una capa muy dura y cuesta eliminarlo por medios manuales, para ello se empleó escofina y lijas para preparar de nuevo la superficie.

*Fig.274. En esta pieza se observa que se produce un fallo de adhesión debido a la presencia de burbujas de aire al adherir la imagen.*



*Fig. 275. Detalle de la pieza con faltas de adhesión.*

Este ensayo se ha repetido sucesivamente cinco veces, ya que al ser una imagen grande 35 cm x 12,5 cm. y la superficie de la piedra muy curva se producían pequeñas faltas de



adhesión debido a la presencia de burbujas de aire, aunque la cuarta vez que se repitió se obtuvo muy buen resultado (fig. 278).



Fig.276. Dolomía en el cuarto ensayo de transferencia.

La imagen de impresión de tinta es sensible al exceso de humedad por dilución de las tintas. Para eliminar el papel de la parte posterior no conviene encharcarlo excesivamente ya que los tonos oscuros comienzan a desteñir, siendo recomendable humedecer y eliminar el papel progresivamente (fig. 277).



Fig.277. Eliminación progresiva del papel de la parte posterior de la imagen.

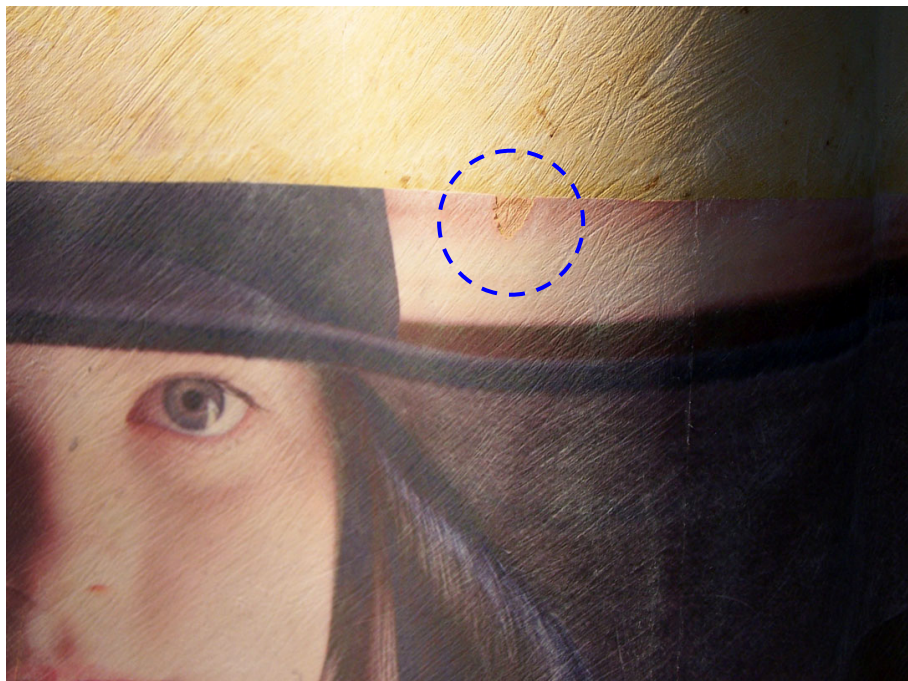


Dado a unos pequeños fallos de adhesión en los bordes y a la presencia de pequeñas zonas con adhesión insuficiente pero sin desprendimiento se procede a su eliminación (fig 278 y detalle fig. 279).

Fig.278. Resultado final de la cuarta transferencia de la imagen a la piedra. Se consigue una buena transferencia con algunos fallos.



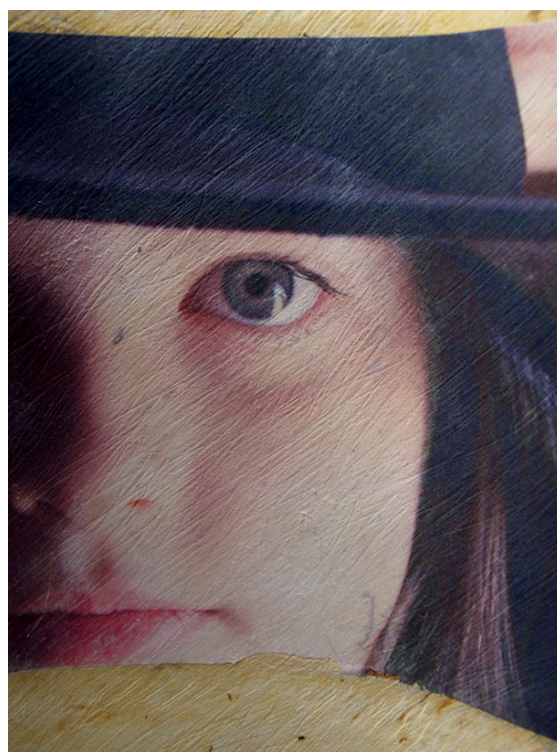
En la fotografía (fig. 279) y marcado dentro de una circunferencia de líneas azul, se observa el fallo de adhesión de la imagen, que provocó un pequeño desprendimiento de la imagen. El resto de la transferencia es muy bueno, e incluso se observan las marcas del lijado de la superficie pétrea sobre la transferencia (fig. 280).



*Fig.279. Detalle de la pieza. Se marca con un círculo azul los fallos de adhesión con desprendimiento de la imagen.*

Para el último ensayo de adhesión de la imagen se preparó la piedra con un lijado más fino, para facilitar la expulsión de las burbujas de aire. Hasta ahora se había realizado la adhesión de la imagen desde el centro a los bordes, ahora se va a realizar desde un lateral hacia el otro lateral, para ir progresivamente presionando la imagen e intentar que la adhesión sea perfecta. Este será el método de superposición que ofrece mejor resultado ya que únicamente se ha producido un leve defecto de adhesión en la curvatura más cerrada de la parte derecha (fig. 281).

Otra solución que también se podría proponer para facilitar la expulsión del aire es la de pinchar el reverso de la imagen con un rodillo que tuviera alfileres o finas púas.



*Fig.280. Detalle de la pieza. Perfecta adhesión de la imagen.*



**Transferencia final: 24-12-2007** Último ensayo, en él que se consigue la transferencia de la imagen a la superficie de dolomía propuesta (fig. 281). En la parte inferior derecha de la transferencia, donde la curvatura de la piedra es mayor existe un pequeño fallo de adhesión sin desprendimiento, en esas zonas se aplica silicato potásico para favorecer su adhesión.



*Fig.281. Detalle de la pieza. Perfecta adhesión de la imagen.*



*Fig.282. Detalle de la pieza, última transferencia.*



Fig.283. En esta vista superior se observa la importante deformación de la imagen producida por la pronunciada curvatura del soporte.

Dado que a los colores de la imagen les falta profundidad se decide a aplicar un barniz final.

**14-1-2008** Acabado de la transferencia con la aplicación de dos capas de Paraloid B 72 al 5% en acetona. Posteriormente se aplica una capa de barniz (Acrylic Varnish Matt- Talens) para realzar los colores de la imagen y para aportar protección (fig. 284).



Fig.284. Pieza acabada. Los tonos adquieren mayor profundidad de color. Mónica disfrazada. A. Sánchez Davía. .



## 6 ADHESIÓN DE LÁMINA METÁLICA CON SILICATO POTÁSICO

Partiendo de los buenos resultados obtenidos con el silicato potásico como adhesivo se decidió realizar unos ensayos de adhesión de lámina de oro sobre dolomía. Los dorados y plateados han sido muy utilizados en el policromado de la escultura, y aunque no se empleaba el silicato si que se puede documentar su conocimiento.

*“Aparejo para dorar al temple.- Soluciones acuosas de sustancias adhesivas, como yema de huevo, ictiocola, gelatina, goma arábiga, etc., a las que se añade un poco de glicerina para hacer la masa más flexible y permanente. También se pueden emplear soluciones de vidrio soluble o de azúcar.”<sup>224</sup>*

Se considera también la reacción del silicato con los metales sobre los que se aplica: *“Las superficies metálicas son también humedecidas fácilmente por los silicatos solubles y la película seca se adhiere si está prevista la expansión del metal con los cambios de temperatura”<sup>225</sup>.*

### 6.1 MATERIALES

Adhesivos: Se ha empleado silicato potásico (M. Riesgo) y en otras probetas silicato potásico k. Fixiermittel. Ambos productos respectivamente se aplicaron sobre la piedra dolomía con un pincel de cerda natural e inmediatamente se colocó sobre ella la lámina metálica.

Lámina de oro fino - Doble Naranja del Nº 2. (*Fabricación Española, C/ Canillas, 81, 28002, Madrid*). Con respecto al pan de oro destacar su resistencia *“las influencias atmosféricas, los álcalis, los ácidos y el hidrógeno sulfurado no atacan al oro fino en panes, que es muy resistente”<sup>226</sup>*

Para adherir el oro fino es preciso utilizar material de dorador (polonesa, pomazón y cuchillo) ya que es el método más efectivo para manejar la finísima lámina (fig. 285).

---

<sup>224</sup> HILD, K. W. *Manual del pintor decorador: Guía para pintores, barnizadores, doradores vidrieros, empapeladores y estuquistas*. Versión de la 3ª Ed. Barcelona: Gustavo Pili, S.A., 1950. p. 218.

<sup>225</sup> HOUWINK, R.; SALOMON, G. *Adherencia y adhesivos. Volumen 1. Adhesivos*. En *La Enciclopedia de la química industrial* (Tomo 3). Bilbao: Urmo S.A., 1978. p. 515.

<sup>226</sup> HILD, K. W. *Manual del pintor decorador: Guía para pintores, barnizadores, doradores vidrieros, empapeladores y estuquistas*. Versión de la 3ª Ed. Barcelona: Gustavo Pili, S.A., 1950. p. 218.





Fig.285. Materiales de dorador necesarios para adherir el oro de 24 quilates. Probeta con pan de oro recién adherido y silicato potásico.

#### Oro falso en panes (fig. 286)

*“Es una aleación de varios metales comunes que tiene un aspecto parecido al oro. Se compone de cobre, estaño y zinc y fundamentalmente no es más que un bronce en forma de panes y hojas delgadas. Se fabrica batiéndolo como el oro fino, pero es cinco veces más fuerte que éste y más brillante. [...] En atmósferas húmedas y al aire libre se conserva poco tiempo y se ennegrece como todos los bronce. Para que se conserve más tiempo es preciso cubrirlo con un barniz transparente exento de ácidos.”<sup>227</sup>*

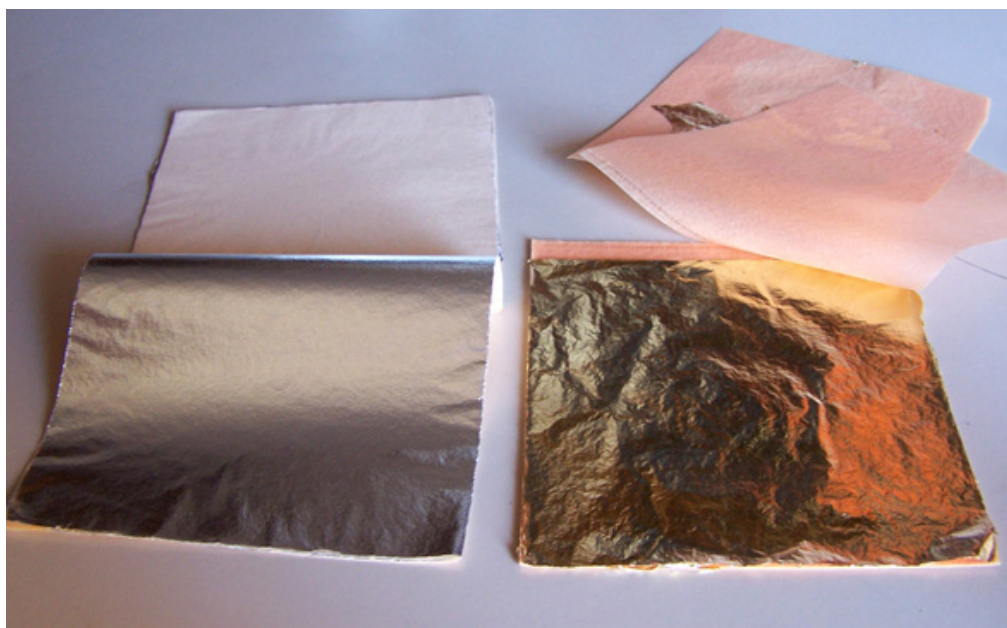


Fig.286. Láminas metálicas de oro y plata falsa.

<sup>227</sup> HILD, K. W. *Manual del pintor decorador: Guía para pintores, barnizadores, doradores vidrieros, empapeladores y estuquistas*. Versión de la 3ª Ed. Barcelona: Gustavo Pili, S.A., 1950. p. 218.

Plata falsa en panes. “Se hace con estaño que tiene algo de zinc. No es estable y para los pintores casi no tiene casi importancia [...]”<sup>228</sup>

Tanto el oro como la plata falsa son materiales fáciles de manipular y para manipularlo no son precisas las herramientas específicas de dorador, sólo se precisa un pincel suave para presionar ligeramente y extender la lámina recién depositada sobre la superficie.

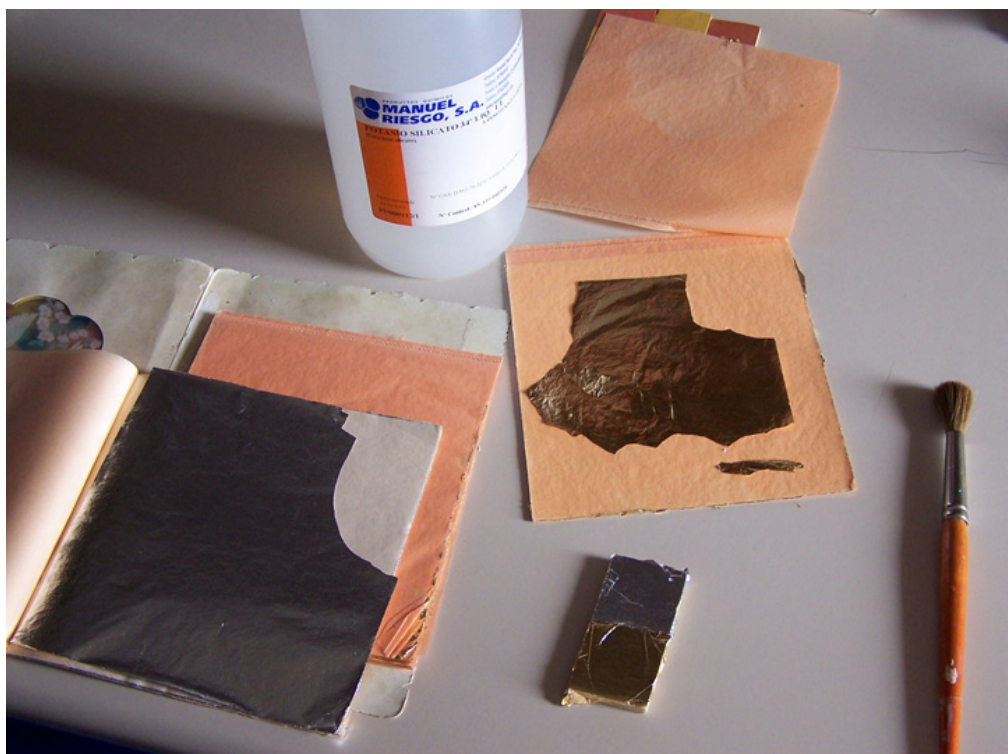


Fig. 287. Materiales empleados en la adhesión de lámina de oro. Silicato potásico y pincel suave.

---

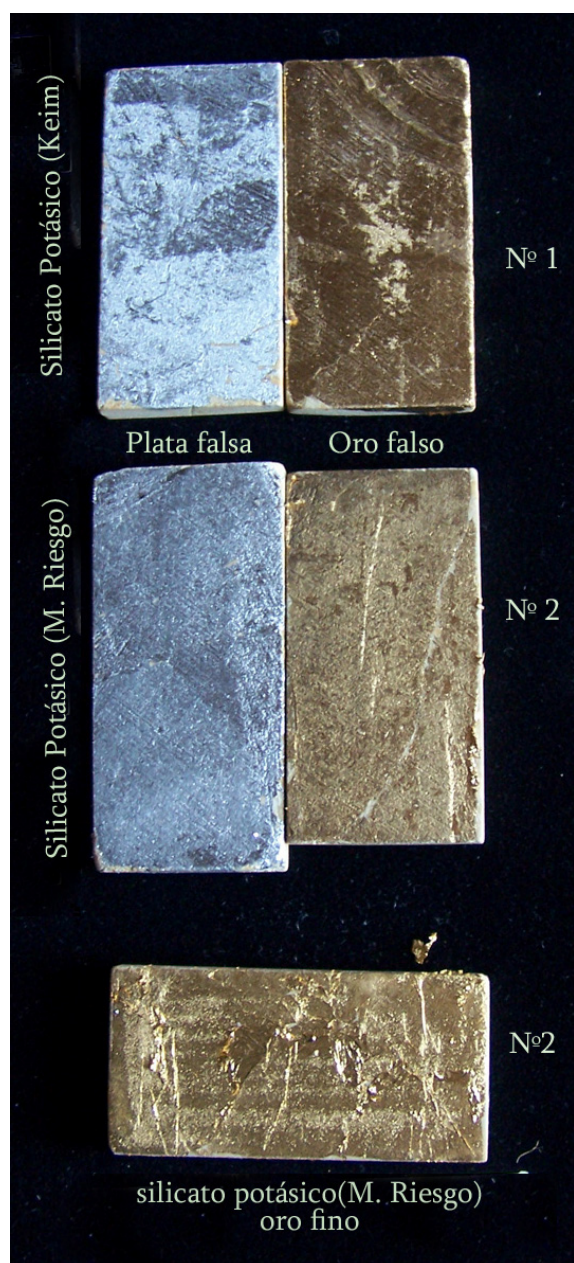
<sup>228</sup> HILD, K. W. *Manual del pintor decorador: Guía para pintores, barnizadores, doradores vidrieros, empapeladores y estuquistas*. Versión de la 3ª Ed. Barcelona: Gustavo Pili, S.A., 1950. p. 218.



## 6.2 PRUEBAS DE ADHESIÓN

### ENSAYO Nº 65

### ADHESIÓN CON SILICATO



Realización de las probetas el **20 -10- 2007**.

**Nº 1.** (fig. 289)

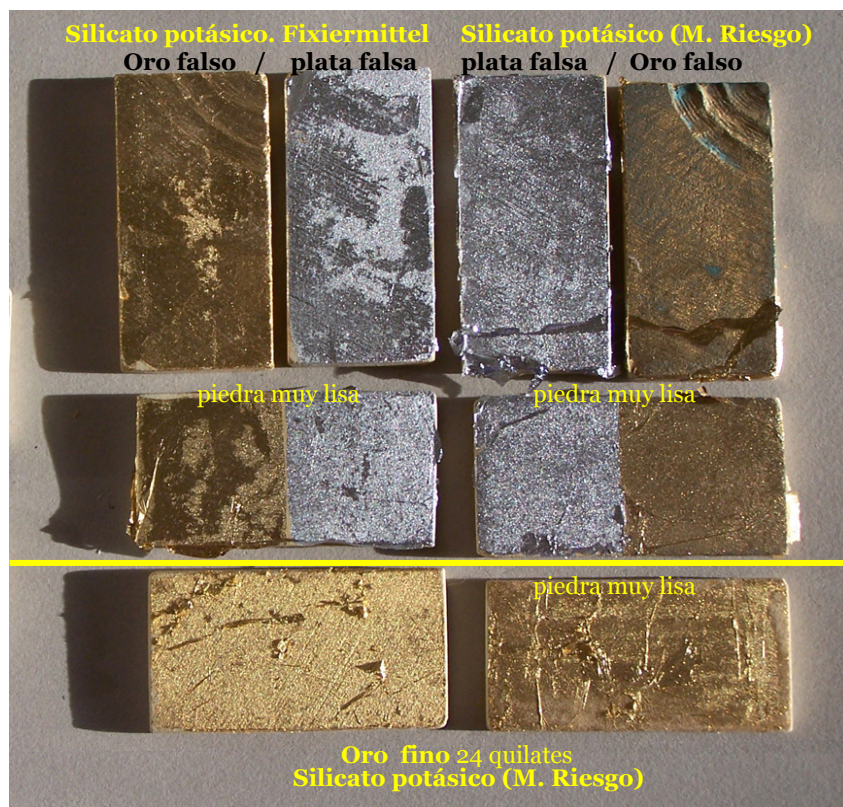
- Adhesivo: Silicato potásico-Keim Fixiermittel
- Lámina de oro falso y plata falsa.

**Nº 2.** (fig. 289)

- Adhesivo: Silicato potásico (M. Riesgo)
- Lámina de oro y plata falsa
- Oro fino (probeta en la parte inferior de la fotografía 289)

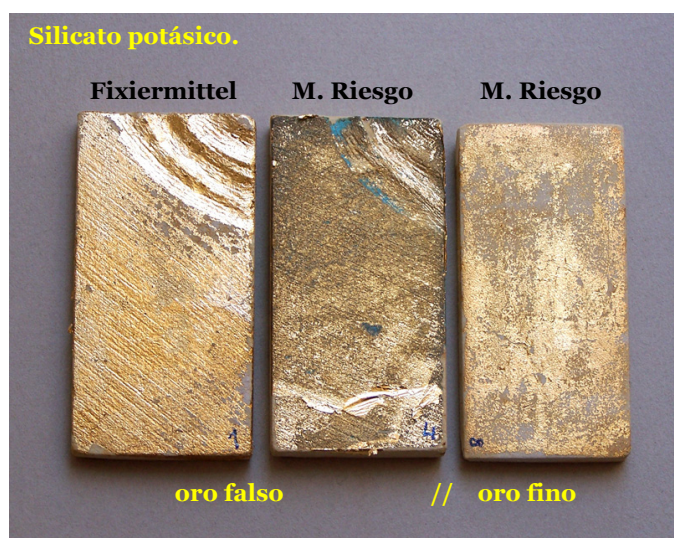
Fig. 289. Probetas adhesión de lámina metálica.





**21-12-2007.** Después de dos meses desde la adhesión de las láminas metálicas no se observan cambios, excepto en la probeta de lámina oro falso adherida con silicato potásico (M. Riesgo) que presenta oxidación de la superficie (fig. 290).

*Fig.290. Probetas adhesión de lámina metálica. Dos meses después de la aplicación.*



**2-2-2008.** Se frota levemente la superficie de las probetas con un trapo suave y seco. Estas probetas se han guardado en interior, en un lugar oscuro y seco.

*Fig.291 .Probetas. Oxidación natural de la probeta central y adhesión irregular en las laterales.*

La probeta que presenta mejor resistencia al frotamiento es la correspondiente a la lámina de oro falso adherida con silicato potásico M. Riesgo (fig. 291). Las otras dos probetas presentan fallos de adhesión. En la probeta correspondiente a la lámina de oro fino (izquierda) el fallo de adhesión se localiza en zonas muy puntuales, sin embargo en la probeta de oro fino (derecha) el fallo es generalizado, es posible que el oro fino al impedir el paso del  $\text{CO}_2$  atmosférico dificulte la reacción de fijación del silicato potásico y por tanto la adhesión de la lámina a la piedra.



## ENSAYO N° 66

## Transferencia de imagen sobre lámina metálica

Soporte: Dolomía de Bernuy.

Capas aplicadas sobre la probeta y proceso:

1. Láminas metálicas: Media probeta con lámina de oro falso y la otra media con plata falsa (fig. 293) adheridas en ambas mitades de la probeta de piedra con silicato potásico (M. Riesgo) 4-11-2007.

2. Transferencia: impresión de tinta con papel fotográfico. 9-11-2007. Transferencia directa TD (Ver apartado 5.1.3.2 transferencia directa TD. Imagen inversa).

**Papel e impresora**: Canson – Premiun Quality, Inkjet Glossy Photo Paper para impresoras de tinta, brillante, 180 gr, 2800 dpi (puntos por pulgada). Impresora de tinta marca Canon i 965.



Fig. 292. Probeta de dolomía en la que se muestra una transferencia realizada con silicato potásico sobre plata y oro falso.

Fig. 293. Probeta, en la fotografía se indican las respectivas mitades que corresponden a la plata y al oro. La imagen está transferida sobre ellas.

3. Barnizado: Dado que el resultado de transparencia de la imagen es muy mate y con poca profundidad de tono, se decide aplicar una capa de barniz acrílico (Acrilic Varnish Matt-Marca Talens) 23-11-2007. Una fina franja en el lateral izquierdo muestra el aspecto previo de la imagen antes de la aplicación del barniz (fig. 292).

30-11-2007 Aplicación de una segunda capa muy fina de barniz.



### OBSERVACIONES

El efecto de transparencia sería mayor si se hubiera transferido una imagen láser, ya que en estas últimas los blancos de la imagen quedan transparentes y se podría apreciar la plata y el dorado a través de la imagen.

La aplicación de un barniz aumenta significativamente la intensidad de los tonos de la imagen transferida aunque no aporta transparencia.

## 6.3 INTEMPERIE

### ENSAYO Nº 67

### Lámina metálica- INTEMPERIE

Colocación de las probetas a la intemperie el 22- 10- 2007.

1 mes de exposición a la intemperie, del 22 Octubre 2007 al 22 Noviembre 2007.

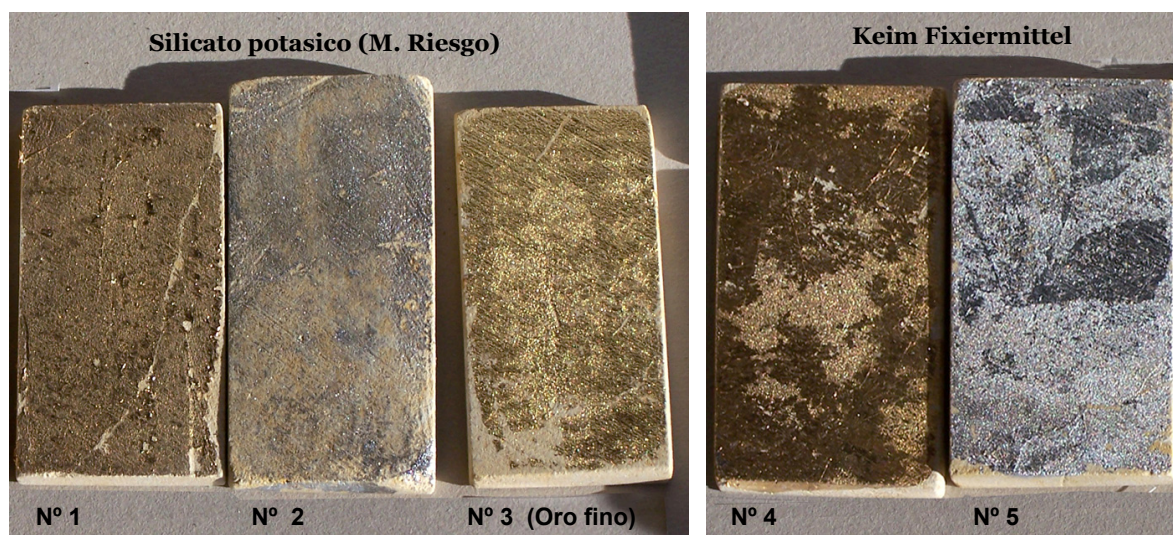


Fig. 294 y 295. Probetas con lámina metálica adherida con silicato potásico después de un mes de exposición a la intemperie.

La superficie de las probetas es bastante sensible a la acción deteriorante meteorológica. En la mayoría de las probetas después de sólo un mes de exposición a la intemperie se han producido pequeños desprendimientos de la lámina metálica adherida (figs. 294 y 295).

2 meses expuestas a la intemperie, del 22 Octubre 2007 al 29 Diciembre 2007.

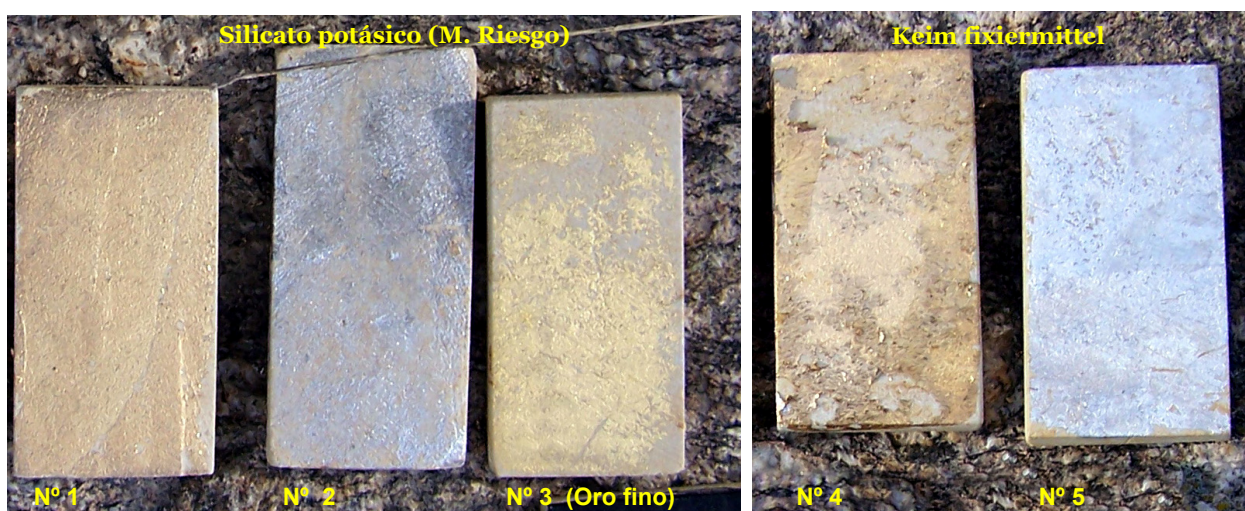
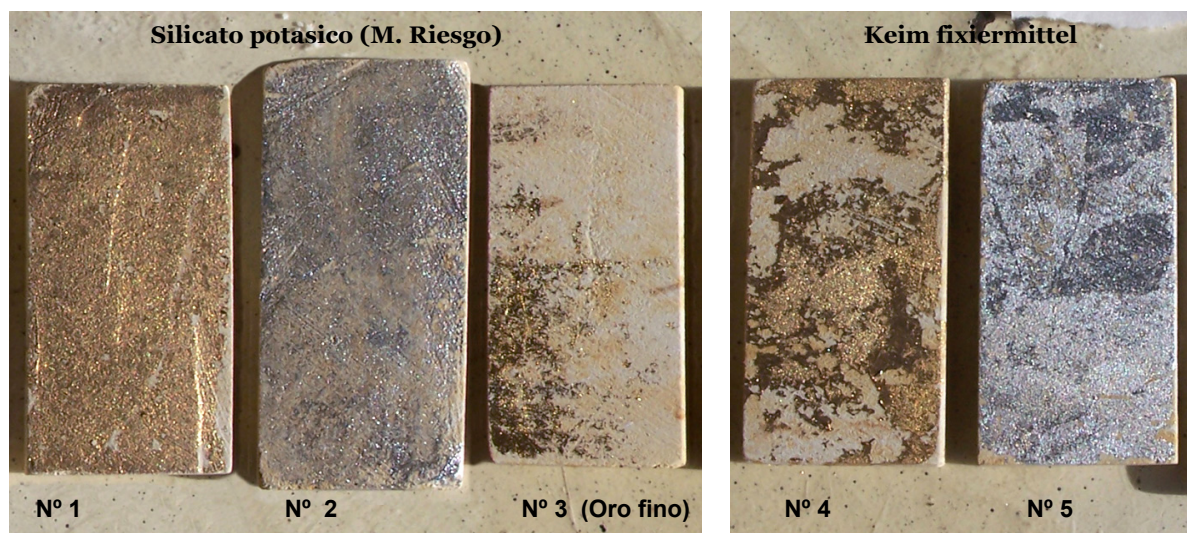


Fig. 296 y 297. Dos meses de exposición a la intemperie.



Deterioros evidentes después de dos meses a la intemperie en la probeta N° 4 (lámina de oro falso adherida con K. Fixiermittel), en la N° 2 con lámina de plata falsa adherida con silicato potásico M. Riesgo, y sobre todo la probeta N° 3 (oro fino adherido con silicato M. Riesgo) presentan un deterioro importante (figs. 296 y 297).

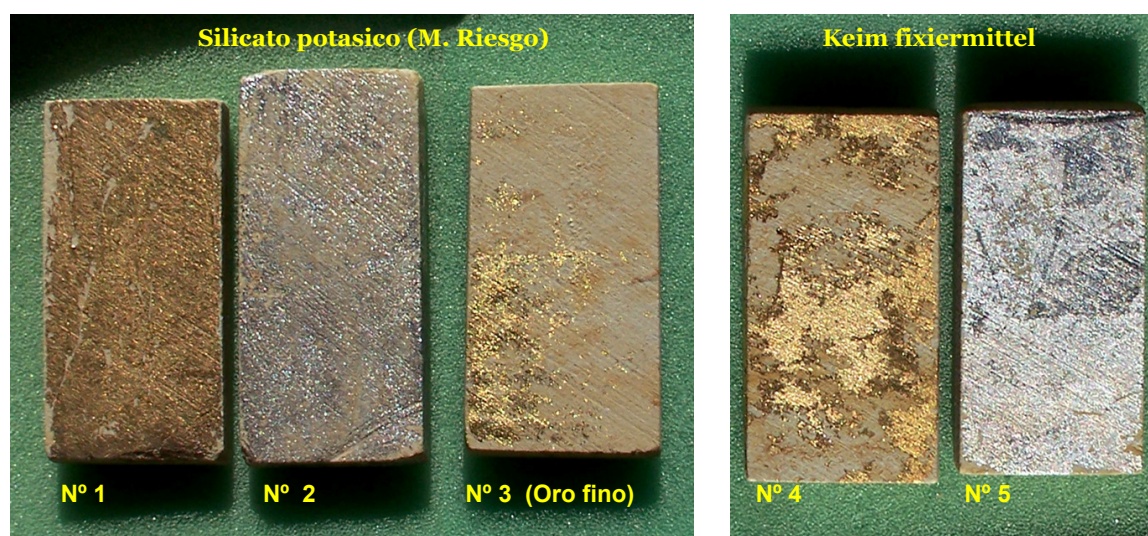
**3 meses de exposición a la intemperie, del 22 Octubre 2007 al 27 Enero 2008.**



Figs. 298 y 299. Probetas con lámina metálica adherida con silicato potásico después de tres meses de exposición a la intemperie.

Deterioro acelerado de las probetas N° 3 y N° 4 (figs. 298 y 299).

**4 meses de exposición a la intemperie, del 22 Octubre 2007 al 20 Febrero 2008**



Figs. 300 y 301. Probetas cuatro meses expuestas a la intemperie.



**7 meses expuestas a la intemperie, del 22 Octubre 2007 al 15 Mayo 2008.**

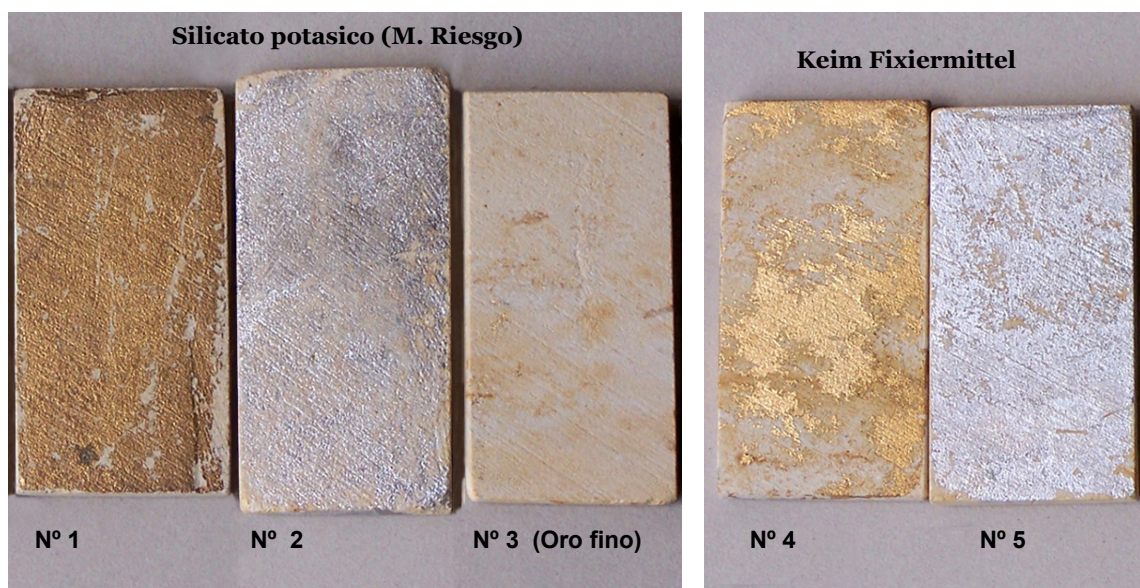
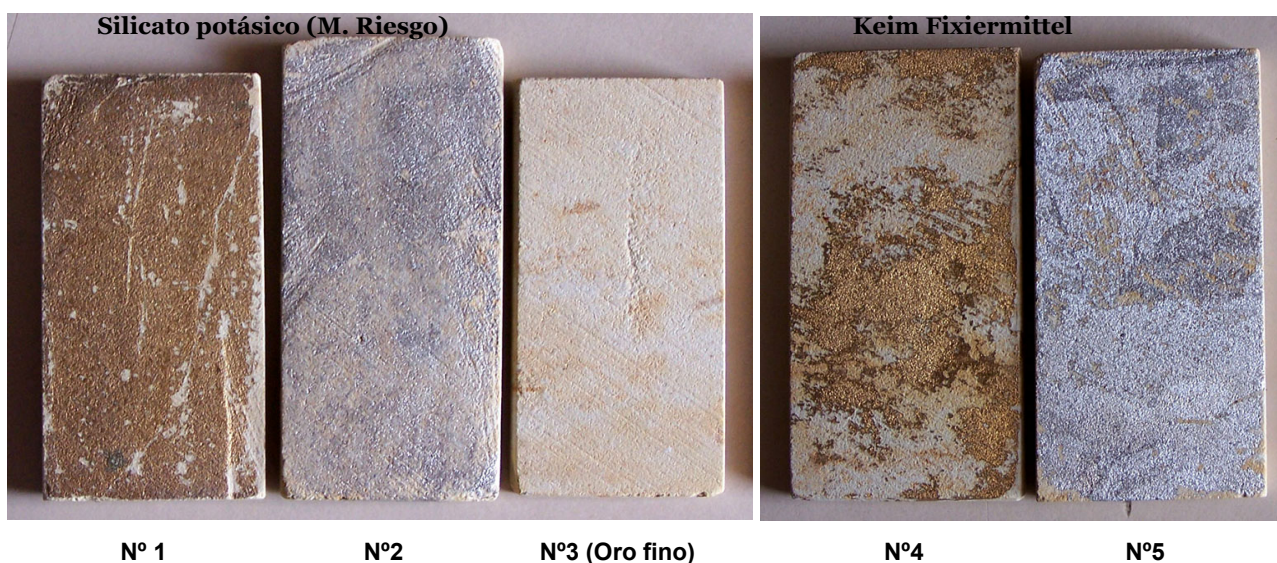


Fig. 302 y 303. Probetas después de siete meses expuestas a la intemperie.

**11 meses expuestas a la intemperie, del 22 Octubre 2007 a Septiembre-2008**



Figs. 304 y 305. 11 meses expuestas a la intemperie.

**OBSERVACIONES**

Después de casi un año de exposición a la intemperie la probeta N° 3 (oro fino) ha perdido toda la capa dorada, previsiblemente porque el oro fino impide el aporte de  $\text{CO}_2$  del aire a la capa de silicato y dificulta su reacción.

A continuación y muy deteriorada estaría la probeta N° 4 que ha perdido de forma heterogénea la mitad del dorado. A esta probeta le seguirían las N° 2 y N° 5 de plata falsa con un deterioro medio. Por último, la probeta más resistente es la N° 1, de oro falso adherido con silicato potásico (M. Riesgo) que presenta únicamente unos desprendimientos puntuales.



## **ENSAYO N° 68 Intemperie - lámina metálica y superficie hidrófoba**

Se prepara una probeta hidrofugada para comprobar si reduciendo la entrada de agua en el soporte poroso de piedra pudiera evitarse el desprendimiento de la fina lámina metálica. Aunque como se indicaba en el ensayo N° 65 (fig. 289) en algunas de las probetas conservadas en interior se ha observado un fallo de adhesión del silicato potásico, con datos de deterioro que coinciden con los resultados de las probetas que han estado a la intemperie.

Preparación probeta de dolomía de Bernuy hidrófoba:

Hidrofugación: 21-10-2007. Hidrofugación de la superficie de una probeta con 2 capas de Lotexan-N.

Adhesión lámina de oro falso: 23-11-2007 Se aplica un tensioactivo muy diluído (jabón Fairy diluido al 5% en agua destilada) e inmediatamente se pega la lámina de oro falso con silicato potásico (M. Riesgo).

Capa protectora: 26-11-2007. Una capa de Paraloid B 72 al 5% en acetona para proporcionar mayor resistencia externa a la fina lámina de oro.

30-11-2007. Una capa de barniz acrílico mate (Acrylic Varnish Matt) para aportar mayor protección.

**Colocación de la probeta hidrofugada a la intemperie 29-12-2007.**

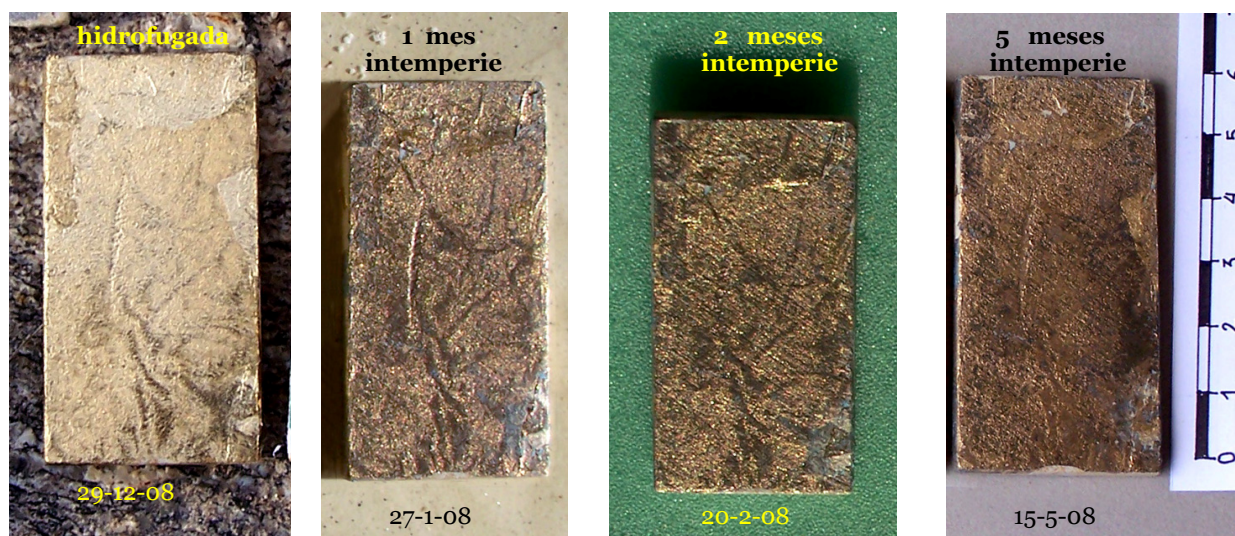


Fig. 306. Fotografías del proceso de exposición a la intemperie.

**9 meses después de su exposición a la intemperie, del 29 de Diciembre 2007 a Septiembre 2008.**



*Fig. 307 .Fotografía del proceso de exposición a la intemperie.*

## **OBSERVACIONES**

Esta probeta que ha sido hidrofugada previamente a la adhesión de lámina de oro falso y presenta buena resistencia a la intemperie (fig. 306). La adhesión de la lámina dorada ha sido muy buena ya que no presenta desprendimientos después de nueve meses en el exterior y su estabilidad a la intemperie es muy buena. Sin embargo, a diferencia de las probetas no hidrofugadas del ensayo anterior (Ensayo N° 67) presenta una importante oxidación natural de la fina superficie metálica (fig. 307) que es posible se pudiera evitar si en vez de aplicar los barnices indicados en el ensayo se utilizara un barniz antioxidante para metales o una cera protectora.

## **III CONCLUSIONES**





## 7.1 TÉCNICA MINERAL AL SILICATO POTÁSICO Y DOLOMÍA

### Silicato potásico

Los silicatos constituyen numerosos minerales naturales (feldespatos, caolín, arcilla, esmeralda, etc.), mientras que se llaman silicatos artificiales a los creados por la mano del hombre, entre ellos se encuentran los silicatos solubles.

Este producto tomó el nombre de silicato o vidrio soluble, porque para producirlo se emplean parte de los componentes necesarios para la fabricación del vidrio, es decir, un vitrificante (Sílice) y un fundente (álcalis, que suele ser carbonato sódico o potásico) que se funden por encima de los 1000 °C, mientras que en la formulación se elimina el uso de estabilizantes (como es la cal). Después se somete a elevada temperatura y presión y se filtra la mezcla (por lo que es poco viable su elaboración de forma manual), con ello se obtiene un producto vítreo soluble en agua. Los silicatos solubles se emplean en grandes cantidades en diversas áreas industriales, por ejemplo en la construcción, fabricación de detergentes y jabones, cerámicas, electrodos, etc. y se fabrican en distintos ratios (proporción molar o en peso de sílice a álcali), por lo que no existe un producto genérico, sino que cada uno tiene un uso muy específico.

Se han elegido los silicatos de la empresa Keim para realizar parte de los ensayos porque patentaron la fórmula concreta del silicato potásico, proporciones y soportes para su uso concreto como pintura en el ámbito artístico. Las pinturas murales exteriores realizadas hace unos cien años con esta técnica mineral aún conservan los colores y apariencia original.

La primera conclusión es que el soporte ha de ser poroso y con una composición mineral. El silicato potásico penetra por los poros del soporte y queda también sobre la superficie, secando primero por evaporación del agua que contiene, después con la influencia del dióxido de carbono atmosférico el silicato potásico reacciona fundamentalmente con los minerales del soporte, pigmentos y cargas reactivas que contengan los pigmentos (como mica, feldespato y sílice). Esta reacción es llamada de *silicificación* o *petrificación* haciendo que los pigmentos y cargas queden unidos a la superficie del sustrato mineral de forma inseparable. Esta pintura al ser básicamente mineral no crea una película continua, sino que forma capas porosas transpirables. Al ser altamente alcalina es muy resistente al ataque de microorganismos, lo que favorece la conservación de la piedra dolomía y es muy resistente a los ácidos. El fuego produce el tostado de las partículas de los pigmentos pero la capa pictórica en sí es ignífuga. Los pigmentos minerales además son muy estables a la luz.

## **Conclusiones generales sobre la técnica al silicato**

Sobre dolomía: La policromía al silicato es muy adecuada para la policromía de escultura en dolomía. Su resistencia a la intemperie es excelente y su luminosidad única aportando a la piedra unos tonos cromáticos minerales y naturales únicos.

La dolomía de Bernuy es una piedra con una porosidad, color y tenacidad muy adecuada para su policromía con la técnica al silicato, pudiéndose emplear en veladuras, imitaciones de pátinas así como en capas cubrientes.

Limpieza: Es una pintura libre de disolventes y prácticamente inodora (excepto el silicato potásico K. Fixiermittel (de la Técnica A) que contiene amoníaco como estabilizante), su limpieza es muy sencilla y el lavado de los utensilios se realiza con agua. El disolvente de esta pintura es el agua, fundamentalmente para la limpieza de colores en húmedo y de superficies sobre las que no ha reaccionado el silicato, sin embargo una vez que reacciona y se fija al soporte no es posible disolver el producto.

Diluyentes: Se emplean fundamentalmente para hacer la pintura más fluida y varían según el procedimiento y producto al silicato empleado. Fundamentalmente los diluyentes de la pintura se componen de una mezcla variable de silicato potásico diluido en agua. Por ejemplo en uno de los procedimientos se emplea únicamente agua para diluir los pigmentos (lo que permite realizar degradados y correcciones) y se fijan después por pulverización del silicato potásico diluido en agua.

Alcalinidad: La alta alcalinidad de la pintura (con un pH aproximado de 14) deteriora los pinceles de pelo de cerda natural que se han utilizado después de varias aplicaciones, por lo que habrán de lavarse inmediatamente después de cada uso con abundante agua (esto alarga su duración). Se han de cubrir los elementos que puedan sufrir salpicaduras como el cristal, metal, cerámica, cemento o limpiarlos inmediatamente con agua. También se ha de tener cuidado si se produce el contacto con la piel y ojos, también evitar la inhalación de la pulverización cuando se utiliza el pulverizador de boca por soplado para la fijación de la pintura.

Aplicación: No conviene trabajar con silicato con temperaturas superiores a los 30°C ni en temporada de heladas. Tampoco en condiciones de lluvia, viento excesivo o luz directa del sol, ya que esto incidiría en la reacción de fijación del producto.

El soporte ha de estar visualmente seco antes de su aplicación y no ha de presentar signos de deterioro o sales dañinas ni suciedad. La aplicación mínima de pintura son dos capas con un



intervalo mínimo entre cada una de 12 horas. Al cabo de un día la silicificación es suficiente para poder aplicar la siguiente capa de pintura, sin embargo el proceso de silicificación se considera que precisa alrededor de dos semanas para concluir. Al cabo de ese tiempo se puede comprobar y evaluar la resistencia a la fricción de la capa utilizando un trapo de algodón suave. La presencia de humedad y de anhídrido carbónico del aire favorece el proceso de silicificación.

Los productos al silicato de la Técnica A se pueden adquirir en pequeñas cantidades, muy adecuado para la policromía de escultura, con la ventaja de que es una técnica que permite cierta reversibilidad y eliminación de parte del color si aún no se ha fijado.

Una sesión de policromía al silicato suele desarrollarse a lo largo de 3 o 4 horas, transcurrido ese tiempo es preciso cambiar los colores (ya que si contienen silicato comienzan a endurecer en la paleta), o dejar secar el pigmento para proceder a su fijación y continuar al día siguiente (ya que en este caso se comienzan a remover los pigmentos recién aplicados y aún sin fijar). Una vez que termina de aplicarse el silicato en la sesión de trabajo, ha de esperarse al menos 12 horas para que los pigmentos queden fijos al soporte y poder continuar la policromía. La pintura seca no se disuelve con la aplicación posterior de silicato, y la técnica al silicato Restauro Lasur (hidrofugada) admite perfectamente capas posteriores con la misma pintura al silicato sin que presente carácter marcadamente hidrófobo.

Almacenamiento: El silicato potásico tiene una duración de unos dos a tres años si está almacenado en un lugar fresco y en envases de plástico bien cerrados.

Pigmentos: La gama de colores es restringida al limitarse a los pigmentos minerales compatibles con los álcalis y con el silicato potásico (posibles decoloraciones, reacciones químicas o falta de fijación). Pero el artista puede disponer de pigmentos con tonos a los que está acostumbrado como son las tierras naturales, ocre, azules ultramar y cobalto, amarillo Nápoles y óxidos, rojo de óxido, rojo inglés, tierra verde, etc.

Acumulación de silicato: Puede ocurrir cuando se policroma una dolomía de Bernuy ya que es una piedra de poro pequeño. Cuando se aplica silicato potásico en exceso sobre una superficie ésta adquiere un aspecto satinado, para evitarlo hay que eliminar el exceso de producto nada más aplicarlo utilizando un trapo de algodón limpio y seco.

Con la acumulación de silicato potásico sin pigmento sobre una superficie poco porosa o con silicatos más viscosos es fácil que se produzca el craquelado de la capa de silicato que ha quedado acumulada superficialmente.

Falta de fijación / capas pulverulentas: Cuando existe una carencia de silicato se observa que transcurridos dos o tres días después de su aplicación o fijación de los pigmentos, la superficie mancha al tacto. Si esto ocurre es preciso fijar de nuevo la pintura utilizando el producto al silicato correspondiente en cada caso según la técnica empleada (esto ha ocurrido en algunos de los ensayos según se indicará adelante).

Veladuras: La dolomía es una piedra de poca absorción por lo que para distribuir adecuadamente las veladuras al silicato es imprescindible descargar el pincel de producto y aplicarlo uniformemente. Las capas sucesivas han de aplicarse en capa fina y fluida evitando empastes de color.

Si se desea trabajar con veladuras es preciso tener cierta experiencia con la técnica, ya que fácilmente se cubre completamente la superficie. Si las mezclas no tienen proporciones de dilución muy altas es fácil llegar a cubrir el soporte con dos superposiciones de color, siendo más sencillo trabajar con capas cubrientes que con veladuras.

Degradados: Es complicado hacer degradados ya que dada la porosidad de la dolomía y evaporación del agua de la pintura, seca sobre el soporte en pocos minutos lo que impide realizar el fundido de colores. Si se trabaja en húmedo se puede conseguir el degradado de colores pero en ocasiones es preferible lograrlo por yuxtaposición de pinceladas de diferentes colores y por veladuras transparentes.

Capas de pintura: Para exteriores es recomendable aplicar un mínimo de dos capas, de ellas la primera capa ha de estar muy diluida. No es recomendable aplicar más de cuatro capas de pintura medianamente diluidas, el fin es evitar capas pastosas o acumulación de capas ya que crearían una especie de costra de silicato sobre la piedra.

Cambios visuales: Es preciso acostumbrarse al importante cambio del índice de refracción de la pintura que se produce en el paso de húmedo a seco. La tonalidad de los colores aclara considerablemente con el secado por lo que han de aplicarse algo más oscuros que el tono que pretendemos lograr.

Debido a esta característica propia de la técnica es complejo lograr un tono por mezcla de colores que sea idéntico a otro empleado anteriormente ya seco.

Apariencia final de la pintura: Esta técnica podría compararse con el trabajo en témpera pero con colores aun más luminosos. La pintura presenta un acabado muy mate y con apariencia mineral

natural aterciopelada única de esta técnica. El resultado cromático sobre escultura en dolomía es muy bueno por los tonos naturales que se logran.

### **Pinturas al silicato ensayadas**

#### **K. Restauro- Lasur**

Uso: Es una técnica fácil de utilizar ya que se comercializa lista para su uso.

-Diluyentes- silicato potásico (K. Spezial Fixativ o K. Restauro Fixativ).

Para la policromía los colores han de diluirse y utilizarse en el día ya que el agua del diluyente se evapora y la pintura silicifica y endurece sin posibilidad de dilución.

El trabajo pictórico con esta técnica se asemeja a la utilización de una témpera muy diluida. Presenta dificultades para realizar difuminados y degradados ya que la pintura evapora rápidamente. Los colores se suelen aplicar por planos, para realizar veladuras recomendaría trabajar por yuxtaposición de pequeñas pinceladas, con lo que se logra un acabado policromo muy interesante. También se observa dificultad para lograr e igualar tonos debido al importante cambio de refracción de la pintura con su secado. En ocasiones la veladura cubre el tono inferior, otras veces cuando el tono inferior es vivo cuesta cubrirlo sin que se aprecie.

Duración y resistencia: Esta pintura contiene un hidrofugante por lo que en cierto modo protege a la piedra del agua. Pero es un recubrimiento al que le afecta el deterioro natural por exposición a los factores meteorológicos, lo que significa que se va a perder la policromía en el transcurso de unos años. Es previsible que el propio hidrofugante de siliconatos que contiene este producto, en cierto modo, inhiba la completa reacción de fijación del silicato y actúe debilitando la adhesión por superposición de capas de producto, además los siliconatos se recomiendan para materiales muy porosos, y la dolomía es una piedra de porosidad media-baja, lo que dificulta la penetración en profundidad en la piedra tanto del producto al silicato como de los siliconatos del hidrofugante, afectando todo ello a la durabilidad de la capa.

Las probetas en las que esta pintura se ha diluido con K. Spezial Fixativ son mucho más resistentes a la fricción y a la intemperie que en las que se ha empleado el diluyente K. Restauro Lasur. Esto es debido a que el primer producto contiene una dispersión de acrilato puro producto que actúa de consolidante superficial y aporta mayor resistencia a la capa. Su resistencia a la intemperie ha sido buena después de dos años presentando únicamente minúsculos desprendimientos de pintura en zonas muy puntuales, por lo tanto recomendar este diluyente si se decide utilizar esta técnica sobre dolomía.



Las probetas pintadas con este silicato y diluidas con Restauro Fixativ son las que menos han resistido a la intemperie de todas, después de dos años de exposición las probetas muestran pequeños desprendimientos generalizados en la capa pictórica, por lo que no se recomienda su uso para la dolomía.

Veladura y capas superpuestas: Es preciso que la primera capa se aplique muy diluida para que el silicato penetre en el poro de la piedra. Según los resultados obtenidos en las probetas de veladuras, para lograr cierta transparencia con esta técnica han de emplearse proporciones muy diluidas (entre 1:20 y 2:8 pintura/diluyente) y un promedio de 2 capas. La distribución de la veladura es más homogénea que con otros procedimientos al silicato. Para realizar capas cubrientes una proporción de dilución adecuada sería de 3:7 para la primera capa y 6:4 para la segunda capa (proporciones pintura/diluyente).

Color: En general, los tonos concentrados de color cuando secan resultan algo mortecinos, en especial los más oscuros quedan agrisados.

Esta técnica dispone de una amplia variedad de colores tierra terciarios naturales, preparados fundamentalmente para pintar grandes superficies y que corresponden a mezclas de tonos diversos.

#### **K. Dekorfarben. Técnica B**

Uso: Un día antes de su aplicación ha de prepararse la pintura mezclando la proporción exacta de pigmento y fijativo. Conviene utilizar mascarilla para evitar la inhalación de los pigmentos al manipularlos, y ha de prepararse únicamente la cantidad que se va a utilizar ya que la pintura preparada estará en uso un máximo de una semana (aunque se utilicen recipientes herméticos de plástico en ese tiempo la pintura silicifica dentro de los botes).

-Diluyente - Silicato potásico (K. Fixativ) que se prepara con agua destilada al cincuenta por ciento.

La pintura pastada es más densa y granulosa que Restauro Lasur y forma una capa muy absorbente. La distribución de la pintura es irregular dada la absorción heterogénea de la superficie de la piedra, mientras que la mayor granulometría de los pigmentos y cargas produce que la textura al tacto de la capa pictórica sea áspera.

La pintura seca y comienza a fijar transcurridos unos pocos minutos y no se pueden realizar rectificaciones o eliminar completamente la capa aplicada, por lo que sería preciso repintar encima. Transcurridos dos días se comprueba la fijación de la pintura pasando un trapo seco de algodón, si queda manchado ha de procederse al fijado de la superficie pulverizando las capas que sean precisas de Fixativ diluido en agua destilada al 50% hasta que deje de manchar.

Duración y resistencia: Resistente a la intemperie cuando está bien fijada. En las probetas realizadas la pintura no estaba completamente fijada ya que manchaba algo al pasar un algodón, pero se esperaba que con el tiempo terminara su silicatización, lo que no fue así, y hubiera sido preciso realizar una fijación previa a la exposición a la intemperie.

Teniendo en cuenta este punto su estabilidad después de dos años de exposición a la intemperie se podría clasificar de buena ya que las probetas únicamente han sufrido una leve pérdida de pigmento, circunstancia que se hubiera subsanado con su fijación previa.

Veladura y capas superpuestas: Para su aplicación en veladura han de utilizarse proporciones muy diluidas (entre 1:20 y 2:8 pintura/diluyente). Mientras que para capas cubrientes se emplea la pintura pastada diluida con Fixativ puro, según los ensayos es más aconsejable añadir 60% de Fixativ, para que la pintura resulte más fluida.

Color: Los colores tienen más intensidad que los de Restauro Lasur y los tonos oscuros una vez secos no varían en intensidad. La carta de colores puros es más extensa que la de Restauro Lasur.

### **K. Künstlerfarben (Técnica A)**

Después de los ensayos realizados se recomienda la pintura al silicato Técnica A para su uso sobre dolomía de Bernuy al ser una piedra tenaz y compacta. Esta técnica forma una capa de silicatización que sería poco adecuada para piedras más débiles, ya que crearía una especie de costra externa en la piedra más rígida que ocasionaría su deterioro acelerado.

Uso: Auténtica técnica mineral de silicato potásico estabilizado específica para murales artísticos luminosos, duraderos y con una preparación y utilización sencilla.

- Fijativo silicato potásico (Fixiermittel). Una vez diluido se puede conservar en un contenedor de plástico con cierre hermético.

Los pigmentos se comercializan hidratados y se aplican directamente sobre el soporte previamente humedecido, esto facilita la eliminación de errores y realizar degradados. Aunque los pigmentos se sequen en la paleta se pueden volver a hidratar y utilizar sucesivamente.

Para aplicar capas sucesivas de color es preciso fijar la capa anterior, ya que no es posible insistir sobre una zona pintada sin remover las capas inferiores. Las capas se fijarán por pulverización con K. Fixiermittel diluido en agua destilada (1:2 Fijativo/agua) dejando después un tiempo de reacción del silicato de 12 horas. Se repetirá el proceso pintando y fijado hasta que la policromía esté terminada.

Una vez terminada la policromía se pulveriza el fijador y al día siguiente se comprueba si mancha al tacto. Hasta completar el fijado se realizarán pulverizaciones cíclicas de silicato diluido en intervalos de 12 horas. La fijación se comprueba cuando al pasar un trapo blanco sobre la superficie policromada no se mancha. En la primera fijación que se realice sobre la policromía recomendaría utilizar la proporción (1:3 Fijativo/agua) para que el silicato penetre más en el poro de la piedra, después utilizar la proporción de 1:2 (Fixiermittel/agua destilada). En total por ejemplo no suelen ser necesarias más de 5 o 6 capas sucesivas de pulverización fina para la fijación de una policromía sobre dolomía, y aunque no existe un límite concreto de fijados no conviene excederse ya que podrían aparecer brillos satinados por acumulación del fijativo. Un exceso de fijativo provoca vitrificaciones en la capa pictórica, por lo al cabo de 3 minutos es preciso eliminar con un trapo de algodón seco el exceso de fijador que no ha sido absorbido.

Duración y resistencia: Una vez fijada la capa pictórica es irreversible y tendríamos que recurrir a métodos de lijado de la superficie para eliminarla.

Es la técnica al silicato la más resistente a la intemperie de todas las experimentadas sobre dolomía. Los colores de las probetas después de año y medio de exposición a la intemperie son idénticos a los de las probetas de referencia guardadas en interior. También es muy resistente a la prueba de fricción, ya que no pierde nada de color, ni aún después de haber estado expuestas a la intemperie.

Veladuras: Para realizar veladuras es preciso utilizar los pigmentos muy diluidos en agua destilada 1:20 y 1:9 (pigmento/agua) ya que si aumenta la proporción de pigmento se cubre rápidamente la superficie de la dolomía. La dolomía de Bernuy tiene una superficie con poro fino y absorción heterogénea por lo que la distribución de la veladura con silicato es irregular.

Color: Pigmentos muy puros y de pequeña granulometría con tonos muy vivos, luminosos e intensos. Muy resistentes a la luz y no sufren ninguna alteración cromática después de haber estado expuestos a la intemperie. La capa pictórica es muy resistente incluso ante el ensayo de fricción en húmedo.

### **Comprobaciones varias**

#### **Imprimación / capas sucesivas**

Para policromar la dolomía de Bernuy con silicato potásico no es preciso aplicar una imprimación previa, lo más recomendable es aplicar una primera capa de color muy diluida y después ir cubriendo con color la superficie en capas sucesivas menos diluidas.

Superposición de capas de silicato: A partir de la cuarta o quinta superposición de silicato potásico con los productos K. Restaurolasur (sin diluir) y Fixativ (diluido con agua destilada 1:1)

comienza a aparecer brillo satinado en la superficie de la dolomía. Para el fijativo Fixiermittel (diluido con agua destilada 1:2) el brillo satinado aparece después de siete u ocho superposiciones.

De los diluyentes de la técnica al silicato Restauro Lasur, el que aporta mayor hidrofugación es Spezial Fixativ, después estaría Restauro Fixativ que es hidrófoba pero menos que el anterior. En cuanto a superposición de capas con estos diluyentes se consigue mayor hidrofugación aplicando dos capas, a mayor número de capas superpuestas no aumenta su efectividad, sino que se produce una acumulación de producto innecesaria sobre la superficie.

Los otros productos al silicato experimentados (Fixativ y Fixiermittel) son microporosos, y absorben el agua, sin embargo con el transcurso del tiempo (aproximadamente seis meses), dificultan la entrada directa de agua en el soporte. Para Fixativ sería efectivo un número de capas máximo de cuatro y para Fixiermittel estaría entre las cinco a seis capas. La aplicación de más capas de silicato no debería ser necesaria para lograr una perfecta fijación y causarían la acumulación de producto.

Capas de color superpuestas: Se han obtenido resultados interesantes utilizando la técnica de K. Restauro Lasur diluido con Spezial Fixativ, aplicando distintos colores en capas superpuestas y efectuando un suave lijado de la superficie entre capas. Siguiendo este procedimiento aparece un leve brillo satinado y el resultado es muy interesante ya que los colores quedan muy luminosos. El aspecto satinado dificulta la identificación de la técnica utilizada, ya que no se asocia con la técnica mate al silicato vista hasta ahora, y los colores quedan matizados bajo una superficie con un suave brillo natural.

### **Resistencia a la intemperie- pintura al silicato**

En la técnica al silicato Keim Restauro Lasur los colores no sufren decoloración y las probetas más resistentes a la intemperie son las diluidas con Spezial Fixativ, mientras que las diluidas con Restauro Fixativ presentan abundantes desprendimientos de la capa pictórica y en dos años han sufrido un deterioro acelerado.

Los productos más resistentes después de dos años de exposición a la intemperie son las técnicas puras al silicato bicomponentes (silicato + pigmento) correspondientes a las técnicas K. Künstlerfarben (Técnica A) y K. Dekorfarben-Técnica B. Aunque en esta última los pigmentos y cargas tienen una alta granulometría que no es muy apropiada al fino poro de la dolomía y el silicato potásico es de inferior calidad que el de la primera (más viscoso y con un suave tono amarillento).



En consecuencia la técnica al silicato sobre dolomía más resistente a la intemperie es K. Klünsterfarben, ya que las probetas colocadas a la intemperie no han sufrido ningún deterioro. La granulometría de los pigmentos es más fina por lo que penetran más en el poro de la piedra y aumenta su durabilidad y el silicato potásico es muy transparente y fluido (lo que hace que penetre más en el poro de la piedra).

### **Resistencia a la fricción**

Se observó una leve pérdida de color al realizarse el ensayo a la fricción en húmedo en las probetas realizadas con R. Lasur, pérdida que era mayor en las probetas realizadas con Dekorfarben-Técnica B (en estas últimas hubiera sido conveniente aplicar una capa de fijación - Fixativ en agua destilada 1:1). El procedimiento de aplicación fue correcto, sin embargo pudo ser debida a que el agua ablanda la matriz de silicato de la pintura y a que la superficie excesivamente lisa dificulta el agarre de las partículas, que precisamente en la técnica B presentan mayor diámetro, lo que facilita su desprendimiento ante métodos agresivos como el frotado con un paño húmedo.

Indicar que en otros ensayos con dolomía en los que se ha aplicado más cantidad de silicato potásico los pigmentos se han fijado mejor y las probetas han sido más resistentes a este ensayo de fricción, por lo que si transcurridas dos semanas hay pequeñas deficiencias de fijación sería conveniente fijar la capa con el silicato adecuado a la capa pictórica.

### **Otros silicatos sobre dolomía**

Es importante insistir en la calidad de materiales, sobre todo en la del silicato potásico ya que es el percusor de la reacción de fijación y en la pureza y adecuación de los pigmentos minerales para que la reacción sea correcta. También es importante aplicar la pintura con un alto rigor técnico, fundamentalmente en cuanto a proceso y proporciones.

En las probetas del ensayo con pintura al silicato sobre dolomía (Sylitol Volltonfarben-Caparol), se observó que mojando la superficie pétreo pintada y dejando la probeta secar a temperatura ambiente, se producen manchas blancas en la superficie, posiblemente de sales. Además la gama de colores disponible es muy limitada, no son pigmentos puros, y únicamente se comercializa en cantidades industriales.

Con la utilización de un silicato potásico y sódico genéricos (Sodium silicate solution  $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$  y Potasio silicato 34° Liq. 3.45 ( $\text{SiO}_2$ ) A( $\text{K}_2\text{O}$ ). ( $\text{H}_2\text{O}$ )) y un pigmento genérico (óxido de hierro amarillo), se observó que es muy difícil distribuir la pintura preparada ya que la

incompatibilidad del pigmento con el silicato hace que la pasta espese rápidamente, sin embargo el pigmento queda bien fijado a la dolomía.

Se realizó un ensayo con silicato potásico genérico (Potasio silicato 34° Liq. 3.45 ( $\text{SiO}_2$ )  $\text{A}(\text{K}_2\text{O}) \cdot (\text{H}_2\text{O})$ ) y diversos pigmentos genéricos (es decir no específicos para pintura al silicato – Winsor & Newton y Agroquímicas del Vallés), los pigmentos se aplicaron hidratados sobre unas probetas de dolomía y después se fijaron con silicato diluido 1:2 (silicato/agua). Después de casi un año de exposición a la intemperie se observó que los óxidos de hierro amarillo, ocre, óxido férrico y azul ultramar han sido resistentes, el negro de humo ha sufrido cierta decoloración, mientras que el Tierra Verde, Amarillo Indio, Óxido de Cromo prácticamente han desaparecido de la superficie. Sin embargo las probetas de referencia que se han mantenido en interior presentan el mismo aspecto y fijación que cuando se pintaron, siendo los factores ambientales los que determinan si la compatibilidad de materiales y fijación ha sido correcta. Por lo que no se aconseja trabajar directamente con pigmentos y silicato potásico genéricos.

## 7.2 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y SILICATO

### **Hidrofugación e hidrofugante de siloxanos- Lotexan N**

Comenzar indicando que las resinas de silicona son productos que forman retículas con uniones tridimensionales y tienen una estructura de cuarzo modificada orgánicamente. Su composición es de silicio, oxígeno y un grupo orgánico hidrófobo, lo que aporta al producto su excelente repelencia al agua. En el mercado existe una amplia variedad de productos hidrofugantes de resina de silicona, pero algunos cambian el color de la piedra o son perjudiciales para ésta, por lo que es preciso elegir productos muy concretos según la porosidad y la piedra que se vaya a tratar.

Estas resinas reaccionan químicamente y quedan unidas a las paredes interiores de los poros y superficie sobre la que se ha aplicado. Forman una capa que ofrece cierta permeabilidad al vapor de agua, permite el paso del dióxido de carbono y contribuyen a que el soporte permanezca limpio. La aplicación de resina de silicona no admite reversibilidad o completa eliminación del producto una vez que se ha aplicado.

Importancia de hidrofugar la dolomía. Aunque la pintura al silicato es muy resistente a la intemperie la dolomía es una piedra porosa que precisa protección frente a los factores meteorológicos. Como tratamiento protector final para la dolomía de Bernuy policromada con silicato Künstlerfarben-Técnica A se recomienda el uso de un hidrofugante de resina de silicona (siloxanos) Lotexan-N.

Duración y efectividad del tratamiento. Se estima que el tratamiento es efectivo durante aproximadamente 20 años, siendo preciso comprobar la absorción de la superficie tratada a los 10 años. La capa superficial de resina de silicona no es resistente a los rayos UV, por eso el admirable efecto de repelencia de gotas de agua de la superficie desaparece en unas dos semanas, sin embargo el producto sigue activo en el interior de los poros (donde la luz no llega) con ello el agua no penetra en los capilares y el soporte no se moja.

Aplicación: Es muy importante que la dolomía no presente signos de deterioro, sales o disgregación, ya que el hidrofugante aceleraría el deterioro de la piedra. Es desaconsejable su uso en piedras con grietas o poros de gran tamaño, ya que son zonas en las que el hidrofugante no puede entrar en profundidad y permitirían la entrada de agua en el soporte. Tampoco se aconseja hidrofugar piedras con tratamientos o pinturas anteriores.

Toda la superficie ha de ser tratada abundantemente con hidrofugante. Aplicaciones parciales, deficientes o irregulares de producto permitirían que el agua llegara al interior del soporte y quedara retenido en él, lo que aceleraría su deterioro. El hidrofugante crea una capa que repele al agua y que permite el paso del vapor de agua pero, al ser hidrófobo, el agua (tanto si viene del exterior como del interior del soporte) no podrá pasar fácilmente o lo hará lentamente y con bastante dificultad a través de una superficie hidrofugada

Para el hidrofugante (Lotexan N) el tratamiento consiste en dos capas abundantes de producto aplicadas con un intervalo de diez minutos. Es preciso evitar la aplicación de capas sobre el producto que ya ha reaccionado o en intervalos no recomendados. Este producto no produce cambios de tono en la superficie de la dolomía y tampoco en el aspecto de la pintura al silicato sobre dolomía, que sigue siendo mate y muy luminosa. Sin embargo, el exceso de este hidrofugante sobre dolomía pintada al silicato (aplicación de tres capas y con encharcamiento de la superficie) origina cambios de tono o manchas más oscuras sobre la piedra policromada.

Este hidrofugante ha de utilizarse con temperaturas superiores a 5°C y en superficies que no estén a pleno sol ya que la temperatura superficial puede llegar a los 40°C. El soporte ha de estar seco y la aplicación del producto ha de ser abundante para que penetre en profundidad en piedras poco porosas como la dolomía (un mínimo de 2 mm)

Cuando se realiza una policromía al silicato sobre dolomía, es preciso esperar al menos dos semanas antes de aplicar el hidrofugante. Esto permite que se produzca la reacción de silicificación de la pintura, ya que ésta necesita un gran aporte de dióxido de carbono del aire para su fijación.

Para hidrofugar es muy importante tener en cuenta los factores indicados anteriormente. Una aplicación inadecuada del producto aceleraría el deterioro natural de la piedra. El hidrofugante contiene solventes por lo que ha de utilizarse en espacios abiertos, o usarse mascarilla antigases al ser irritante y nocivo para la salud.

### **Cambiando el índice de refracción de la dolomía policromada al silicato**

Conservación de la escultura en interior. Para lograr mayor profundidad de color de la pintura se han seleccionado productos orgánicos grasos y magros (que se indicarán a continuación). La piedra tratada con estos productos no debe exponerse directamente a la intemperie, ya que se produciría el deterioro de la policromía.

Factores que influyen en las capas pictóricas de acabado: La pintura al silicato se ha utilizado a modo de infrapintura sobre dolomía. La porosidad de la dolomía (que produciría la absorción del aglutinante), y la alcalinidad de la capa de pintura al silicato (que produciría la saponificación de las grasas), hacen que no sea adecuado aplicar productos grasos directamente sobre su superficie.

Imprimación previa a las policromía con productos orgánicos. Después de los ensayos realizados, el producto más adecuado a aplicar como imprimación es la resina Paraloid B72. También se considera la acción del hidrofugante Lotexan-N, que en los ensayos sobre papel redujo la absorción grasa sin disminuir aparentemente la adhesión de las técnicas de pintura tanto grasas como magras.

### **Productos.**

Los productos que realzan el tono veteado natural de la piedra y disminuyen la absorción de la dolomía son: - Paraloid B72 y Acrylic Varnish Matt (Talens).

Otros productos ensayados son:

- Painting Medium (Talens) y Liquin (Winsor & Newton) al 50%. Realza el tono pero presenta un acusado amarilleamiento en su aplicación sobre papel.
- Retouching Varnish (Talens). No disminuye la absorción de agua de la superficie.
- Primal AC 532, no aumenta el tono de la piedra.



- Liquin (Winsor & Newton) y White Spirit al 50%, amarillea y no realza el tono de la piedra.
- Painting Medium (Talens) amarillea sensiblemente sobre papel, no realza el tono.
- Picture Varnish Matt (Spray-Talens), no realza el tono.
- Cera microcristalina (Renaissance), no realza el tono de la piedra.

Todos estos productos se experimentaron también sobre probetas de dolomía que tenían una capa previa de infrapintura al silicato, los resultados más relevantes se indican a continuación:

*INFRAPINTURA AL SILICATO- K. Künstlerfarben (Técnica A) sobre dolomía de Bernuy*

Proceso: Sobre pintura al silicato se aplicó:

- Lotexan-N. Hidrofugación.
- Paraloid B72 (1 o 2 capas) diluido en acetona al 5%. Esto aumenta la profundidad de tono de la pintura al silicato y permite el empleo de productos grasos sobre su superficie ( como son las veladuras al óleo diluido con Painting Medium- Talens). Se puede aplicar sobre la infrapintura al silicato hidrofugada o no.
- Después de la veladura al óleo se puede aplicar un barniz final (Acrylic Varnish Matt). Esta capa aporta cierto brillo satinado.

Si únicamente se pretende aumentar la profundidad de tono de la pintura al silicato, se puede aplicar un barniz graso como es Acrylic Varnish Matt-Talens sobre la superficie previamente hidrofugada. La hidrofugación actúa a modo de imprimación al reducir la absorción grasa y no se ha apreciado que dificulte la adhesión del barniz o producto graso a la superficie tratada.

Si no se ha hidrofugado la superficie policromada al silicato se pueden aplicar dos capas de Paraloid B72 a modo de imprimación y después la veladura al óleo o barnices grasos.

*INFRAPINTURA AL SILICATO HIDROFUGADA (Restaurolasur) sobre dolomía de Bernuy*

Proceso: Se aplicó una capa de Paraloid B72 a modo de imprimación y después la veladura al óleo diluido con Painting Medium-Talens, o el barniz de acabado. El empleo de un barniz (Acrylic Varnish Matt-Talens), directamente sobre esta pintura aumenta considerablemente la profundidad de color de la pintura. No se han observado efectos adversos en la capa aplicada.

### **Transferencia de imágenes digitales a dolomía**

La realización de transferencias de imágenes digitales aumenta las posibilidades cromáticas escultóricas que se pueden realizar sobre dolomía de Bernuy.

Resistencia a la luz solar: La investigación sobre imágenes impresas no se trata en esta tesis, pero se constata que la imagen de impresión de tinta utilizada en los ensayos es muy poco resistente a la luz, sufre una rápida decoloración de las tintas y su transferencia con resinas acrílicas craquela levemente. Siendo en general, más estable y resistente la imagen procedente de impresión láser.

#### Impresiones:

1. *Transferencia de imagen digital de impresión de tinta:* ha de imprimirse en papel fotográfico con brillo. El papel ha de ser absorbente por su parte posterior, ya que con los papeles resistentes al agua que están completamente plastificados (anverso y reverso) no se puede desprender la imagen de transferencia. De imágenes de impresión de tinta se logran transferencias opacas en las que los blancos aparecen en la imagen transferida (Se transfiere la imagen junto con la preparación blanca del papel)
2. *Transferencia de imagen digital de impresión láser:* No es preciso utilizar un papel especial, con un papel de folio para impresión láser normal las transferencias son muy buenas. Las zonas blancas de la imagen aparecen transparentes en la imagen transferida (se transfiere únicamente la imagen del tóner), por lo que se aprecia el tono del soporte pétreo o de la infrapintura al silicato aplicada sobre la dolomía

Procedimientos- Se utilizan dos métodos para la transferencia:

1. TD- Transferencia directa. Se aplica el producto por la parte impresa y sobre la superficie del soporte, a continuación se ponen ambas en contacto presionando. Al día siguiente se humedece la parte que tiene el papel y se frota con los dedos o con un trapo húmedo y limpio, eliminando el papel hasta que aparece la imagen. Esta imagen queda adherida en sentido inverso al de impresión y con un tono mate.

Los tonos oscuros quedan agrisados y la imagen en general queda con colores menos intensos que la imagen impresa. Para aportar mayor profundidad de color se obtuvieron mejores resultados aplicando primal diluido (1primal x 3 agua destilada) y después dos capas de barniz acrílico Acrilic Varnish Matt-Talens.

No es posible aplicar un barniz realizado con Paraloid B72 ya que los solventes de la acetona o tolueno deteriorarían y ablandarían la resina acrílica de la transferencia.

2. TC- Se crea primero una calcomanía. Para ello se aplican unas 5 capas de producto sobre la imagen impresa con un intervalo de 30 min. Al día siguiente se introduce en agua y se elimina la parte de papel posterior de la imagen, con lo que queda la imagen como si fuera una calcomanía. Se aplica adhesivo y se adhiere la imagen sobre la piedra, la imagen queda con la misma orientación que se imprimió.

Los colores son muy vivos y los tonos que estaban impresos en blanco quedan transparentes. La imagen transferida queda cubierta con una capa plástica procedente de las capas de resina aplicadas inicialmente para crear la calcomanía.

### **Resina acrílica como medio de transferencia**

Productos: Utilizando medios de resinas acrílicas como el primal se produce siempre la transferencia de la imagen a la dolomía. Se experimentaron dos productos de resina acrílica, Transcryl (medio de específico para transferencias) y Primal AC 532, de los que no se han observado diferencias en cuanto al resultado de la imagen transferida, sin embargo transcurrido un año en las imágenes transferidas de impresión de tinta aparecen ligeros craquelados superficiales.

Desprendimiento de la transferencia/ resistencia a la humedad: Los medios acrílicos crean una capa de transferencia impermeable y elástica sobre la superficie pétreo, al sumergir las probetas durante 24 horas se observa que la película formada se puede desprender, por lo que sería adecuado aplicar una imprimación previa a la adhesión de la imagen e incluso hidrofugar la superficie completamente para evitar que el agua entre en el soporte. A continuación se indica el proceso experimentado.

La transferencia con medios acrílicos se puede realizar sobre un soporte de dolomía pintada al silicato o sobre dolomía sin pintura. La superficie de dolomía soporte puede tratarse previamente a la adhesión de la transferencia con una capa de Paraloid B72 al 5 % en acetona, o también se puede hidrofugar la superficie con K. Lotexan N y después aplicar una capa de Paraloid B72. Estas capas actúan a modo de imprimación de la superficie y penetran en profundidad en la piedra, además facilitan la adhesión de la transferencia. Las probetas así tratadas dificultan la acción del agua y el desprendimiento de la imagen, aunque no evitan el estrés de la capa acrílica por dilatación y contracción por lo que sería recomendable que la transferencia se realizara con el menor número de capas de resina posible.

Craquelado. Transcurrido un año se observa que en las transferencias (TD o TC) con medios acrílicos (sobre todo primal) de imágenes de impresión de tinta, se produce un leve craquelado de la capa transferida. Esto es debido a que con la imagen de impresión de tinta transferida

también se transfiere parte de la preparación blanca del papel de impresión con brillo, lo que produce una capa poco flexible a los diferentes movimientos de dilatación y contracción del soporte y de la capa acrílica de transferencia. Mientras que con la imagen láser esto no ocurre ya que únicamente se transfiere el tóner de la imagen.

### **Silicato Potásico como medio de transferencia**

Primeros ensayos de transferencia con silicato. Los primeros ensayos para utilizar silicato potásico como medio de transferencia directa de imágenes digitales fracasaron. Se utilizaron diversos productos compuestos por silicato potásico indicados a lo largo de la tesis, e incluso se experimentó con silicato sódico. También se escogieron diferentes tipos de imágenes (periódicos, revistas, impresión tinta, láser). El único producto que ofrecía cierto resultado era el silicato potásico puro con imágenes de periódico y a veces de revista, sin presentar una continuidad fiable en los resultados.

#### **1. TD. Transferencia directa e impresión de tinta.**

Se logró realizar la primera transferencia directa TD con una imagen digital de impresión de tinta utilizando papel fotográfico brillante de la marca Canson y silicato potásico 34° Liq. 3.45 ( $\text{SiO}_2$ )  $\text{A}(\text{K}_2\text{O}) \cdot (\text{H}_2\text{O})$  (M. Riesgo). El aspecto de la imagen de impresión de tinta transferida TD con silicato potásico es muy mate, los tonos oscuros tienen poca intensidad en la transferencia, se transfieren los tonos blancos de la imagen.

Adhesión de imagen sobre dolomía con silicato. El silicato potásico actúa como adhesivo, siendo posible adherir directamente la imagen digital impresa por su parte posterior sobre la dolomía, (aunque la superficie presente una ligera rugosidad p. ej. marcas de lijado)

Hidrofugación previa a la transferencia. Para realizar la adhesión o la transferencia de una imagen digital sobre una superficie de dolomía hidrofugada (Lotexan N) con medios acuosos, se empleó previamente un tensoactivo consistente en jabón lavavajillas muy diluido en agua destilada (aproximadamente al 5%), e inmediatamente antes de que seque aplicar el silicato potásico y superponer la imagen.

Puesta en contacto de las superficies. Con silicato potásico, en la TD (transferencia directa) y en la adhesión directa de imágenes, las superficies a unir han de ponerse en contacto inmediatamente ya que el producto rápidamente gelifica y pierde fluidez, una vez que esto ocurre ya no es posible realizar la adhesión de la imagen.



Tratamientos posteriores. Se puede aportar más resistencia a la imagen adherida o transferida con silicato potásico sobre dolomía si se utiliza Paraloid B 72 (dos capas al 5% en acetona).

Por ejemplo, aplicar una capa de silicato potásico sobre la imagen adherida o transferida con silicato no es beneficioso para la imagen, es más, si no está diluido aporta un exceso de producto que produce cristalización de sales blanquecinas en la superficie.

El tratamiento posterior para aumentar algo el tono de una imagen transferida con silicato potásico TD, puede realizarse con:

- Paraloid B72 y Barniz de retoques-Talens, que aporta un brillo semi satinado irregular, poco absorbente.
- Paraloid B72 y Barniz Acrylic Matt-Talens, con un acabado mate, poco absorbente.
- Paraloid B72 y painting Médium-Talens, más absorbente al agua y brillo semi-satinado irregular.

Mayor resistencia: La aplicación de Paraloid B72 (diluido en acetona al 5%, 3 capas) sobre una transferencia directa TD de imagen de impresión de tinta con silicato potásico sobre dolomía, proporcionará a la imagen mayor resistencia a la humedad y resistencia a la intemperie.

El empleo de un hidrofugante de siloxanos como tratamiento posterior a la transferencia con silicato, disminuye la absorción de agua de la superficie. Después de la capa hidrofugante, sobre la transferencia se puede aplicar una resina (Paraloid B72) a modo de barniz protector, lo que aumenta levemente el tono de la imagen y proporciona mayor resistencia a la abrasión.

Tratamiento previo. La infrapintura al silicato influye directamente en los colores de la imagen digital de impresión de tinta transferida en TD, por lo que se transparentan los tonos de la pintura al silicato, sobre todo en las zonas correspondientes al color blanco de la imagen.

-Hidrofugación: se puede realizar la transferencia de la imagen digital de impresión de tinta TD sobre una superficie de dolomía hidrofugada, para ello será preciso emplear un tensioactivo previamente a la transferencia de la imagen. El tratamiento hidrofugante previo evita la entrada de humedad al soporte y favorece su resistencia a la intemperie.

Transferencia de imágenes de mayor tamaño: El problema que se puede presentar al realizar transferencias TD con silicato potásico de imágenes de impresión de tinta de mayor tamaño, es la dificultad para colocar la imagen sin que quede ninguna burbuja de aire atrapada entre el papel y la dolomía. Se realizaron cuatro intentos fallidos de colocación de la imagen, mediante adhesión con silicato potásico, sobre una superficie de dolomía con una curva bastante pronunciada. Estos ensayos no fueron válidos ya que se producían pequeñas burbujas o zonas

en las que la imagen se desprendía por la presencia de aire atrapado. En la última prueba se preparó una superficie más lisa que las anteriores y se comenzó a adherir la imagen desde un lateral hacia el otro lateral, y no desde el centro al exterior como se había realizado anteriormente, de forma que la transferencia fue óptima. Un método que se podría aplicar pero que no se ha experimentado sería pinchar la imagen previamente a realizar la transferencia con un rodillo de alfileres que se preparara, esto permitiría salir el exceso de producto y el aire atrapado.

Indicar que la eliminación de una transferencia realizada con silicato potásico es bastante costosa ya que como el producto se aplica puro crea una capa muy dura que hace que las escofinas resbalen sobre su superficie, por lo que es esencial asegurar el éxito de la transferencia mejor que tener que eliminar la imagen transferida.

**2. TC. Transferencia indirecta (por calcomanía) de Impresión láser.** También se pueden efectuar transferencias con silicato potásico por adhesión de calcomanía TC. Para lo cual se prepara la calcomanía con la resina acrílica y se adhiere directamente sobre la superficie de dolomía utilizando silicato potásico y presionando ligeramente para que no queden burbujas. El resultado final es el mismo que presentaba la imagen impresa, adherida ahora a la piedra con silicato potásico, pero cubierta con las capas de resina plástica aplicadas previamente para realizar la calcomanía.

**Resistencia a la intemperie.** Para colocar unas pruebas de transferencia por calcomanía TC a la intemperie se ha procedido a aplicar como se ha indicado antes primero un hidrofugante a la piedra y después su adhesión mediante silicato potásico. La superficie transferida de las probetas colocadas a la intemperie ha ofrecido buena resistencia a los factores climatológicos, pero sería conveniente haber eliminado la capa plástica que recubre la imagen, ya que causa estrés superficial por dilatación y contracción del plástico.

**Eliminación de la capa plástica que recubre a la imagen.** Al contrario que en las imágenes transferidas con resinas acrílicas que si se arranca el plástico también se elimina la imagen; en la imagen transferida TC con silicato potásico la capa plástica que recubre a la imagen se puede arrancar, quedando ésta adherida a la piedra por el silicato potásico. En el caso de imagen digital por impresión de tinta el resultado obtenido al arrancar el plástico es muy bueno, ya que la imagen queda íntegra adherida a la piedra y únicamente se desprenden pequeñas zonas correspondientes a burbujas de aire. Por el contrario en las transferencias TC con silicato potásico de imágenes láser, si arrancamos el plástico eliminamos la mayor parte de la imagen transferida.

Para evitar arrancar la imagen se intentó eliminar la capa plástica mediante disolución del primal con tolueno, pero el tolueno también disolvía la imagen láser transferida.

Únicamente se obtuvo un resultado óptimo aplicando cera a modo de desmoldeante entre capas. El método consiste en aplicar una fina capa de cera microcristalina a la superficie impresa de la imagen a transferir. Después se prepara la calcomanía aplicando las capas de resina acrílica, desprendiendo el papel posterior y adhiriendo la imagen a la dolomía con silicato potásico como se ha hecho hasta ahora con cuidado para que no quede ninguna burbuja de aire atrapada, ya que en ese punto se produciría el desprendimiento de la imagen. Al día siguiente ya se puede eliminar la capa plástica que recubre la imagen transferida con silicato potásico y se consigue que la imagen láser quede transferida íntegramente sobre la piedra.

Cera microcristalina: La cera microcristalina aplicada como desmoldeante se puede preparar diluyendo al baño maría los gránulos de cera en White Spirit al 50%, aunque la consistencia de la pasta es algo pegajosa. Disminuyendo la proporción de diluyente (18 gr. de cera microcristalina y 15 gr de White Spirit) se obtiene un resultado óptimo.

Estas transferencias precisan una capa de protección de la imagen transferida, para ello se pueden emplear los productos indicados en el apartado anterior como tratamientos posteriores para las transferencias de impresión de tinta. Además estos productos de acabado impedirán que se forme el leve velo blanquecino procedente del silicato potásico que en ocasiones aparece por encima de las transferencias láser.

### **Láminas de oro fino y metálicas (oro y plata falsos).**

La adhesión de las láminas metálicas tanto de oro como de plata falsos con silicato potásico es buena. En la lámina de oro falso adherida con silicato potásico se produce la oxidación natural de la superficie en un tono verde y oscuro, por lo que sería conveniente aplicar un barniz transparente para metales (Laca Zapón, barniz para metales o incluso cera). La adhesión del oro fino no es muy buena y es bastante sensible al frotado, puede que sea debido a que la capa de oro fino es aislante e impida el contacto del silicato con el CO<sub>2</sub> y dificulte la reacción de fijación del silicato.

Resistencia a la intemperie: El oro fino desaparece completamente de la superficie con su exposición a la intemperie. Las probetas más resistentes a la intemperie son las de oro falso y plata falsa adheridos con silicato potásico genérico 34° Liq. 3.45 (SiO<sub>2</sub>) A(K<sub>2</sub>O). (H<sub>2</sub>O) (M. Riesgo) y plata falsa adherida con silicato potásico (K. Fixiermittel).

Hidrofugante previo: Aplicación de un hidrofugante previo a la adhesión de la lámina de oro falso con silicato potásico 34° Liq. 3.45 (SiO<sub>2</sub>) A(K<sub>2</sub>O). (H<sub>2</sub>O) (M. Riesgo), así se evita la entrada de agua en el soporte. Después, sobre la capa de oro falso se aplicó una capa de Paraloid B72 al 5% en acetona y posteriormente Acrylic Varnish Matt. Estos productos aportan mayor resistencia superficial a la intemperie pero se produce la oxidación completa en tono oscuro de la capa metálica.

Transferencia de imagen sobre lámina metálica. Es posible realizar la transferencia de imágenes digitales sobre la lámina adherida con silicato potásico de oro o plata falsos. El ensayo se realizó con imagen de impresión de tinta en TD con silicato potásico sobre lámina de oro y plata, después se aplicaron dos capas de barniz acrílico (Varnish Acrylic Matt). El resultado ha sido muy bueno y las capas dorada y plateada del fondo inciden en la apariencia visual de la imagen. El resultado sería más interesante si se utilizara una imagen láser, en la que los blancos de la imagen transferida quedan transparentes y se podría observar el dorado y plateado de la capa inferior.

### **7.3 ANEXOS.**

#### **Dolomía de Bernuy como soporte escultórico**

La dolomía de Bernuy no es muy conocida en el ámbito escultórico ya que su extracción se limita a una pequeña área en la provincia de Segovia, con canteras en Bernuy de Porreros, pero es una roca de fácil localización y que se puede adquirir en bloques de diversas medidas.

El informe de caracterización de esta roca indica que es una dolomía férrica, compuesta fundamentalmente de dolomita (Carbonato Cálcico-Magnésico), y en menor medida de otros minerales (cuarzo, feldespato, óxido de hierro, etc). El único problema que puede presentar es que en algunas zonas puntuales aparecen coqueras, pero indicar que se extraen grandes bloques de piedra sin estos defectos. También puede presentar moteados de mineral de hierro pero éstos no afectan a la policromía, excepto si se ha de realizar en tonos muy transparentes.

Es una piedra que presenta unas características muy buenas para el trabajo escultórico siendo ideal para su trabajo manual, sobre todo porque no hay que ejercer excesiva fuerza para eliminar material. Se puede trabajar con todas las herramientas manuales para escultura en



piedra y también con maquinaria de desbaste y labra automática, aunque no es necesario. Para el desbaste inicial se suele utilizar una radial pero mediante puntero se puede eliminar gran parte de la piedra sobrante. A continuación su trabajo con gradinas y cinceles no requiere realizar excesivo esfuerzo y las escofinas y lijas permiten trabajar y dar forma rápidamente a la piedra. Es importante que las herramientas mantengan un buen filo y en general no sufren un deterioro acelerado como ocurre al trabajar la piedra arenisca, que es excesivamente abrasiva. Sobre todo tomar medidas de seguridad apropiadas al trabajo que se va a realizar (guantes, gafas de protección, mascarilla, etc.)

La Ley de la piedra o dirección de cantera influirá en el trabajo de talla de la misma, y fundamentalmente es preciso tenerlo en cuenta cuando se realiza la superficie final o detalles de acabado, ya que puede suponer que se desprendan trozos de piedra más grandes de lo esperado.

La compactación de esta piedra permite su trabajo sin que se desmorone, sobre ella se pueden realizar desde acabados toscos superficiales hasta delicados y detalles precisos. El color también es muy adecuado para escultura, ya que tiene un tono ocre amarillo claro que además es ideal para la policromía posterior. Su superficie no admite pulimento pero sí ofrece un acabado mate compacto muy uniforme al tener un grano fino y porosidad media-baja, características también adecuadas para la policromía al silicato.

Copia de un modelo. El procedimiento más rápido para realizar la copia en piedra de un modelo escultórico complejo es el pantógrafo, pero como no es una máquina a la que se pueda tener fácil acceso, el mejor procedimiento es el sacado de puntos. Para ello se recomienda la fabricación de una jaula o el uso de la máquina de sacar puntos. El método de los tres compases no se recomienda dada su imprecisión y lentitud de trabajo. Para esculturas y modelos sencillos se puede esculpir la piedra directamente, por ejemplo sería el caso para la realización de una imposta con formas geométricas y utilización de plantillas.

Deterioro de la dolomía. La dolomía sufre un deterioro natural lento pero constante cuando se expone directamente a la intemperie, la pátina natural de esta piedra es de tono negruzco-grisáceo. Los bloques de esta roca no suelen presentar fisuras, pero si aparecen el hielo fracturará rápidamente la piedra en ese punto. El deterioro de la dolomía se acelera en presencia de viento y humedad ocasionando su alveolización. El principal agente deteriorante es la humedad alternada con ciclos secos, esto ocasiona la aparición de algas, microorganismos, costras, líquenes, etc.

Realización de una escultura por sacado de puntos. La realización de una escultura específica para esta tesis se realiza para desarrollar la hipótesis. Su trabajo escultórico se realizó manualmente mediante sacado de puntos, siendo un proceso laborioso pero muy productivo ya que permite señalar con precisión el volumen de la pieza final. La preparación de las crucetas requiere un tiempo que también es rápidamente recuperado. El acabado de la figura se realizó con escofinas y lijas detalles que van a contribuir en el acabado textural de la pieza.

### **Otros soportes inertes y pintura al silicato**

#### Piedra

Aunque la pintura al silicato requiere un soporte poroso, las pruebas de fijación de pintura realizadas sobre piedras poco porosas han sido satisfactorias (mármol blanco de Macael y negro de Calatorao, caliza de Colmenar y de Sepúlveda, alabastro de Guadalajara). La duración de la capa pictórica sobre estas superficies poco porosas será menor, y el hidrofugante indicado para dolomía no es adecuado para mármoles y piedras poco porosas. En general sobre estas piedras, la fijación de la técnica pura al silicato (técnica A y B) ha sido mejor que la de K. Restauro Lasur+Spezial Fixativ (que contiene una dispersión de acrilato)

La arenisca de Villamayor (Salamanca) es un soporte realmente bueno para la reacción y fijación de la pintura al silicato. Todas las técnicas presentan una fijación muy buena sobre esta piedra y el hidrofugante utilizado en esta tesis (Lotexan N) aporta una hidrofugación excelente a la arenisca de Villamayor ya que no varía las propiedades cromáticas naturales de la piedra. El trabajo de policromía sobre piedras areniscas más porosas que la dolomía incide en la aplicación de colores ya que el soporte absorbe rápidamente el medio líquido con el que se aplica el pigmento e impide un trabajo fluido con la técnica. Por ello sobre arenisca, al ser una piedra más absorbente que la dolomía sí sería conveniente aplicar una primera capa muy diluida de imprimación con el producto correspondiente a la técnica al silicato que se vaya a utilizar. Indicar que al ser una piedra menos compacta que la dolomía puede que fuera más recomendable el uso de Restauro Lasur ya que crea menor tensión superficial que la pintura al silicato pura.

#### Cerámica

Se ha experimentado sobre plaquetas de cerámica en color crudo (comerciales) y rojas (cocidas a baja temperatura), siendo la cerámica un soporte muy adecuado para la técnica mineral al silicato. La fijación del silicato potásico Künstlerfarben Técnica A es muy buena, pero también ha tenido muy buena fijación el pigmento color amarillo óxido de hierro convencional

con silicato potásico (34° Liq. 3.45 (SiO<sub>2</sub>) A(K<sub>2</sub>O). (H<sub>2</sub>O) (M. Riesgo) sobre una probeta de cerámica de barro rojo.

Para realizar este ensayo se modeló una escultura destinada a interior con barro rojo cocido a baja temperatura, que comenzó a policromarse al silicato empleando Künstlerfarben. Policromía que se acabó con la aplicación de pigmento genérico de color rojo fuego y posterior fijación con silicato potásico 34° Liq. 3.45 (SiO<sub>2</sub>) A(K<sub>2</sub>O). (H<sub>2</sub>O) (M. Riesgo) ya que se precisaba un color rojo más vivo. No se han observado cambios cromáticos en el pigmento rojo y su fijación ha sido buena.

### **Otras técnicas pictóricas sobre dolomía**

Este apartado ha sido preciso ya que ha permitido seleccionar productos y aporta datos interesantes sobre otras técnicas pictóricas.

Las técnicas grasas (óleo, óleo al agua, alquídico), para aplicarse sobre la dolomía precisan de una capa de imprimación previa, ya que la porosidad de la piedra absorbe el aglutinante de la capa pictórica y por ejemplo, en las probetas que han estado a la intemperie han terminado desapareciendo de la superficie pétreas las capas aplicadas en veladura.

La pintura acrílica es la técnica orgánica más resistente a la intemperie de las que se han experimentado sobre dolomía, siendo fundamental su aplicación en capas muy diluidas para favorecer cierta porosidad del soporte y la penetración de la pintura y pigmento en el poro de la piedra. Si en la primera capa se aplica el color muy diluido no es necesario utilizar una imprimación previa.

Las capas de pintura cubrientes e impermeables son sensibles a la humedad del soporte y se desprenden con mayor o menor dificultad según la dureza de la capa formada (por ejemplo la capa de resina alquídica será más resistente que la formada por un acrílico que es más flexible). La pintura industrial en spray se decolora rápidamente a la intemperie y forma una capa que impide la transpiración del soporte.

Aplicación sobre papel. En la aplicación sobre papel secante la técnica más grasa es el óleo. El óleo al agua contiene un aglutinante graso que rápidamente adquiere un tono amarillento que se humedece al sumergir la probeta de papel en agua. Al usar el hidrofugante sobre papel secante (Lotexan N - específico para piedras porosas) previamente a la aplicación de la pintura, se disminuye considerablemente la absorción y distribución grasa del aglutinante sobre el papel,

esto es importante ya que también actuará de este modo cuando es aplicado sobre la piedra. Sin embargo no dificulta la adhesión de la capa pictórica grasa (óleo, alquídico, óleo al agua) ni magra (acrílico) sobre la superficie del papel hidrofugado, y cuesta desprender la capa pictórica aplicada.

### **Antecedentes y estado actual del tema**

Partiendo de los antecedentes de la policromía señalar que la policromía ha sido y es actualmente para algunos escultores, un elemento fundamental de sus creaciones, los cuales tratan volumen y color de forma unísona. El color se introduce en la escultura bien mediante policromía pictórica y/o pátinas, por combinación de materiales diversos, por la transformación en el tiempo de los materiales constitutivos y por el entorno en el caso de materiales con superficies especulares.

Históricamente la policromía escultórica en piedra engloba cinco etapas fundamentales, que son las épocas egipcia, griega, romana, románica y gótica.

En la policromía pictórica se utilizaron técnicas tanto magras como grasas, pero todas aquellas esculturas que no han podido conservarse en buenas condiciones ambientales han perdido su policromía.

En época egipcia se solían utilizar aparejos de yeso previos a la policromía. Estos eran preparados como mortero y contenían carbonato cálcico en diferentes mezclas y proporciones. Los pigmentos inorgánicos naturales y minerales conferían a las esculturas tonalidades únicas, utilizados fundamentalmente mediante técnicas magras.

En la Grecia clásica el estuco se utilizaba sólo en esculturas y piedra porosas, mientras que los mármoles se solían cubrir directamente con color. Las esculturas policromadas en esta época comenzaron realizándose en terracota, principalmente para aligerar el peso de las cornisas. Algunas esculturas tampoco se policromaban completamente (ojos, pelo, labios, motivos ornamentales), otras presentaban además dorados así como incrustaciones de piedras preciosas o grecas. Solía utilizarse la pátina de color transparente para imitar la piel y las esculturas que se cubrían y protegían mediante la aplicación de cera mediante la técnica de la encáustica. La combinación de colores era fundamental ya que yuxtaponían tonos complementarios como son el rojo y el azul, los cuales se combinaban en armonía mediante la utilización de un tono llamado factor común.



Las esculturas griegas no conservan su policromía pero podemos hacernos una idea al contemplar las reconstrucciones cromáticas realizadas a partir de los datos procedentes de análisis de los restos de policromía de las piezas. Lo mismo ocurre con las esculturas romanas que en origen presentaban importantes policromías y aplicaciones de color.

El románico y gótico fueron también dos etapas decisivas en la policromía de la escultura en piedra. De estas épocas se conservan más policromías ya que no todas se destinaban a exteriores. El color se utilizaba en época gótica con ciertas restricciones morales ante la realización de mezclas. La preparación de aparejos e imprimaciones no son siempre precisos pero hay unos elementos que aparecen en casi todos los análisis como son, la cola de conejo, el blanco de plomo y el aceite. En muchas de estas esculturas los sucesivos repintes y técnicas empleadas impiden determinar el procedimiento inicial que se utilizó para la policromía, pero fundamentalmente se utilizaron tanto técnicas magras como al aceite, con abundantes dorados en época Gótica y siempre con colores vivos y contrastados.

La policromía en la escultura decayó drásticamente en la época Neoclásica, pero descubrimientos arqueológicos demostraron que la escultura clásica en piedra había sido policroma, lo que alteró los postulados que ensalzaban la blancura de las esculturas clásicas.

Como ocurre en la pintura, el uso de técnicas pictóricas tradicionales en la policromía de la escultura ha de dar paso a la utilización de materiales y técnicas contemporáneas, aunque actualmente también se realiza numerosa escultura policroma mediante el ensamblaje de materiales u objetos de colores diversos. En cuanto a la policromía pictórica, e independientemente de la técnica, el escultor sigue empleando procedimientos que se han empleado siempre tales como veladuras y pátinas, así como el empleo de capas cubrientes.

Actualmente ha disminuido considerablemente la realización de escultura en piedra, y las que se realizan no se policroman, conformándose el escultor con el color propio de la piedra. Esto indica que es un tema que requiere una importante renovación técnica, así como la valoración social y conceptual de estas esculturas dentro del mundo que nos rodea y de nuestra propia realidad cromática, ya que algún fin artístico y humano ha de tener que seamos capaces de percibir infinidad de formas y colores.

**Enumerados todos los resultados positivos y las normas de una buena utilización técnica se concluye con los siguientes puntos:**

**1.-** Sí se puede realizar una buena policromía resistente a la intemperie. Con unos productos al silicato potásico fáciles de utilizar, que no requieren un conocimiento específico del medio pictórico y con una gama de colores idónea.

**2.-** Se puede proteger la escultura en piedra dolomía de agentes atmosféricos extremos, ya sea mediante la policromía o por la aplicación de los productos hidrófobos adecuados. Con las pruebas y ensayos realizados se puede documentar que tienen una perdurabilidad larga en el tiempo.

**3.-** Mediante imágenes digitales se podría variar y realizar una rica policromía sobre escultura, lo cual abre una nueva e interesante vía de investigación.

**4.-** La escultura y el color no son incompatibles, en el arte dependerán de la sensibilidad y de la técnica del artista, por lo que la técnica de color y técnicas de volumen son totalmente compatibles y actualmente tienen un papel muy importante en el arte. Siendo su aplicación en el futuro mucho más factible como técnica artística de policromía lo que hará que se amplíe y utilice mucho más.

**5.-** Aumento del valor conceptual de la escultura con una policromía sobre una piedra que no solamente tiene las características visuales minerales, sino que conceptualmente se sabe que se está aportando color con la propia piedra (silicato).

**6.-** Las técnicas investigadas en piedra dolomía son viables y se puede aconsejar su aplicación sobre otras superficies minerales y porosas estables, ya sea escultura, arquitectura, ornamentación, cerámica, etc. Lo que abre un sugestivo camino a todas aquellas personas interesadas en la utilización de los procedimientos propuestos en esta tesis.



## IV ANEXOS

*I. Antecedentes. Color en el desarrollo escultórico*

*II. Dolomía de Bernuy como soporte escultórico*

*III. Otros soportes inertes y pintura al silicato*

*IV. Otras técnicas pictóricas sobre dolomía*

*V. Fichas Técnicas*





## **CAPÍTULO IV. ANEXOS**

### **ANEXO I**

### **ANTECEDENTES, COLOR EN EL DESARROLLO**

### **ESCULTÓRICO**

*Policromía y técnicas de las esculturas históricas*

*Color y volumen en la escultura*

## **I.1 POLICROMÍA EN PIEDRA DE LAS ESCULTURAS HISTÓRICAS**

Desde los primeros tiempos el hombre ha utilizado el color en sus creaciones artísticas. En las representaciones de la cueva de Altamira destaca su incipiente sentido del volumen aprovechando las protuberancias de la superficie para favorecer el relieve de las figuras (fig. 308).

Los instrumentos que utilizaban eran rudimentarios (pintura rociada, palos, tampones de piel, pelos de animal...) y los pigmentos minerales naturales, como ocre, rojos de hierro, negro. Mientras que el aglutinante solía ser una grasa animal o productos orgánicos (caseína, sangre, etc.).<sup>229</sup>

Los estudios realizados sobre estas pinturas indican que es imposible que hayan podido perdurar tantos años únicamente por haber sido aplicadas con un aglutinante orgánico. La teoría existente sobre la fijación de estas pinturas indica que “[...] *la adherencia que todavía se aprecia en esas pinturas es debida a un proceso de solubilización del material calcáreo que le sirve de soporte y su posterior insolubilización al recristalizar*”<sup>230</sup>. Sobre todo se consideran que las condiciones excepcionales de temperatura y humedad del interior de la cueva han causado una cristalización mineral suficiente para que se produjera la fijación de la pintura, y no su destrucción por exceso de carbonatación.



*Fig. 308. Bisonte de la cueva de Altamira. Relieve natural de piedra, policromado, Santander, 15.000-12000 a. d. C. Fotografía*<sup>231</sup>

El color ha sido una constante en el arte y escultura antigua. En la escultura ibérica quedan restos importantes de lo que en su día fue una policromía importante sobre piedra caliza (figs. 309 y 310). La Dama de Elche está realizada también en piedra caliza y tiene restos de policromía roja en los labios, manto y toca.

---

<sup>229</sup> MALTESE, Corrado (Coord.). *Las técnicas artísticas*. Madrid: Cátedra, 1980. (Manuales de Arte Cátedra) p. 279

<sup>230</sup> CARBONELL DE MASY, Manuel. *Observación y restauración de monumentos: Piedra, cal, arcilla*. Barcelona: Vanguard Gráfico, 1993. p. 17.

<sup>231</sup> FERNÁNDEZ, A.; E. BARNECHEA; J. HARO. *Historia del Arte*. Barcelona: Vicens-Vives, 1996. p. 24.



Figs. 309 y 310. Dama de Baza. Policromía original rojo azul y negro. Arte ibérico, Caliza policromada. Primera mitad del Siglo IV a. de J.C. Hallada en el Cerro del Cepero (Baza). Museo Arqueológico Nacional, Madrid. Fotos E. Domínguez en un reportaje de Carlos Dauden Sala.

### I. 1. 1. ARMONÍA EGIPCIA



La simplificación de formas confiere a las esculturas egipcias un carácter de grandiosidad y monumentalidad excepcional. La escultura de Rahotep y Nofret conserva su policromía original, en estas esculturas la sencillez cromática está acorde con la representación volumétrica (fig. 311).

Se aprecia el tono más oscuro ocre rojizo para el hombre y más amarillento para el tono de la mujer. La pintura no naturalista refuerza el concepto egipcio de eternidad.

Fig. 311. Rahotep y Nofret, 4ª dinastía, CA 2575-2551 aC., piedra caliza policromada, (Altura aprox. 120 cm). El Cairo, Museo Egipcio. Fotografía<sup>232</sup>.

<sup>232</sup> LUCA DE TENA, Guillermo (Ed.); Luís María ANSÓN (Dir.). *Historia de las civilizaciones perdidas*. (Edición especial realizada por ABC). Barcelona: Folio, 1995. pp.12-13



En esta época se utilizaron gran variedad de materiales, principalmente madera y piedra caliza que normalmente se recubrían con policromía. El color en Egipto tenía un gran valor simbólico, con importantes asociaciones religiosas y sobrenaturales. Las representaciones de época egipcia fueron principalmente antropomórficas y ponían un especial interés en la representación de los ojos *“El efecto de los ojos (que parece que tienen vida) es obtenido por el empleo de dos tipos de cuarzo, el blanco y el transparente (cristal de roca). Además las estatuas conservan intacto el color con el que los artistas pintaron cuerpos y vestimentas “*<sup>233</sup> Los ojos son fundamentalmente una de las partes más expresivas de la figura humana, y la tradición de realizar ojos incrustados siguió utilizándose en época griega. En la escultura de Rahotep (fig. 312) el vigor conferido a los ojos mediante la combinación de materiales (cristales, piedras, metal, etc.) no es reproducible mediante pintura *“cada ojo es una pieza de cristal de roca con el iris y el blanco interpretado en pintura en la parte trasera y un agujero taladrado en el centro y rellenado con negro para hacer la pupila. La superficie frontal curvada y altamente pulimentada [...] Cada ojo fue enmarcado en una fina tira de metal antes de ser asegurados dentro de la cuenca del ojo”*<sup>234</sup>.



*Fig.312. Detalle. Incrustaciones de cristal de roca en los ojos. Figura de Rahotep. Fotografía por David Finn*<sup>235</sup>

La policromía egipcia se caracteriza por sus colores planos muy mates y sus tonos vivos y uniformes. El soporte de piedra caliza presenta un fondo absorbente muy apropiado para la pintura.

*“ La piedra era frecuentemente pintada con lavados de color, no sólo las paredes de piedra de las tumbas y templos, sino también las estatuas de piedra, estatuillas, sarcófagos y otros objetos, especialmente, aunque no exclusivamente, aquellos de piedra caliza y arenisca, y otras piedras [...]. Antes de pintar las escenas de las paredes de tumbas y templos a menudo, aunque no siempre, solían aplicar a la piedra una capa de lavado blanco.”*<sup>236</sup>

---

<sup>233</sup> DAMIANO, Mauricio. *Antiguo Egipto: El esplendor del arte de los faraones*. Milán: Electa, 2001. p. 2

<sup>234</sup> RUSSMANN, Edna R. *Egyptian Sculpture: Cairo and Luxor*. London: British Museum Publications, 1990. pp. 17-18.

<sup>235</sup> RUSSMANN, Edna R. *Egyptian Sculpture: Cairo and Luxor*. London: British Museum Publications, 1990. p. 17.

<sup>236</sup> LUCAS, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*. 4<sup>th</sup> Ed. (revised and enlarged by J.R. Harris). London: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1962. pp. 354-355.



Fig.313. Izquierda. *The funerary priest Kaemqed. Escultura egipcia de El Cairo y Luxor. 5ª Dinastía. 2465-2323 a.C. Piedra caliza pintada. Altura 43cm. Fotografía de David Finn*<sup>237</sup>



Fig.314. *Hatshepsut, reina-rey. De Deir el Bahari, patio superior; 18ª dinastía, (hacia 1490 a.C) piedra caliza policromada, alt. 61 cm. Museo de El Cairo. MEC JE 56259 A-56262. Fotografía*<sup>238</sup>

Utilizaban yeso para preparar finos morteros que cubrían irregularidades de la piedra, éste servía como capa de preparación de la pintura y también como capa final en zonas blancas. La composición del alabastro es sulfato cálcico (yeso), pero la composición química del alabastro egipcio era fundamentalmente calcita (carbonato cálcico), que utilizaban para preparar los morteros con diferentes mezclas<sup>239</sup>.

*“Ocasionalmente el enlucido usado como capa final, el cual es blanco o prácticamente blanco, contiene una gran proporción de carbonato cálcico y muy poca de yeso y, [...] A veces la capa que cubre la superficie es tan fina como para ser simplemente témpera o agua de cal y consiste esencialmente de carbonato cálcico, el cual puede o no contener trazas de yeso, el cual, sin embargo, es probablemente una simple impureza y no el material aglutinante, ya que el agua de cal se adhiere bastante bien a la piedra caliza y muy bien a la cerámica sin aglutinante [...] El yeso de la antigüedad egipcia es del tipo en consideración es yeso crudo que ha sido quemado, pulverizado y apagado, y nada del carbonato cálcico o arena que contiene son adiciones artificiales, sino impurezas derivadas del material original en el que naturalmente se produjeron.”*<sup>240</sup>

<sup>237</sup> RUSSMANN, Edna R. *Egyptian Sculpture: Cairo and Luxor*. London: British Museum Publications, 1990. p. 32.

<sup>238</sup> DAMIANO, Mauricio. *Antiguo Egipto: El esplendor del arte de los faraones*. Milán: Electa, 2001. p.148.

<sup>239</sup> LUCAS, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*. 4<sup>th</sup> Ed. (revised and enlarged by J.R. Harris). London: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1962, pp. 59.

<sup>240</sup> LUCAS, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*. 4<sup>th</sup> Ed. (revised and enlarged by J.R. Harris). London: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1962., p.p. 77-78.





Fig.315. Relieve vaciado en yeso del templo de Beit el Wali, Nubia. El vaciado representa una expedición militar de Ramesses II. El molde hecho por Joseph Bonomi en 1825 representa al original en él se pueden apreciar la combinación de colores que influirá en la policromía griega. The British Museum, London. Fotografía A. Sánchez Davía.

Fig.316. El toro Bukhis. Estela policromada y con aplicaciones de lámina de oro. Epoca Tolomeica, piedra caliza pintada y dorada, alt 72 cm MEC JE 54313. Fotografía<sup>241</sup>.



Fig. 317. Queen of Ramesses II, Dinastía 19, CA 1290-1224 aC. Piedra caliza policromada; 75cm. Fotografía<sup>242</sup>

<sup>241</sup> DAMIANO, Mauricio. *Antiguo Egipto: El esplendor del arte de los faraones*. Milán: Electa, 2001. p.345.

<sup>242</sup> RUSSMANN, Edna R. *Egyptian Sculpture: Cairo and Luxor*. London: British Museum Publications, 1990. p. 153.



Los pigmentos que utilizaron eran fundamentalmente inorgánicos naturales u obtenidos de sustancias minerales. - El negro era casi siempre de carbón. - El azul (azurita), carbonato de cobre azul, y frita azul o azul Egipcio (compuesto por sílice, cobre y calcio), turquesa, lapislázuli. - Los marrones del ocre y óxido de hierro. - Verdes de malaquita (carbonato de cobre) y frita egipcia verde. - Los grises mediante la mezcla de negro y blanco. - Naranja, de la pintura de rojo sobre amarillo, o por su mezcla. - Rosa, al mezclar ocre y yeso, óxidos de hierro rojos (óxido de hierro ahídrido), ocre rojo (óxidos de hierro hidratados), a veces llamados hematites, también arcillas de ocre rojo. - El blanco, predominantemente de carbonato cálcico, y en menor proporción sulfato cálcico, pero también usaban blanco de huntita (carbonato cálcico magnésico mineral). - Amarillo, del óxido de hierro y también oropimente (sulfuro de arsénico natural amarillo) y rejalgá o sandárica (sulfuro de arsénico rojo), masicote (óxido amarillo de plomo).<sup>243</sup> - Para los dorados emplearon el oro en forma de hoja o lámina muy fina.

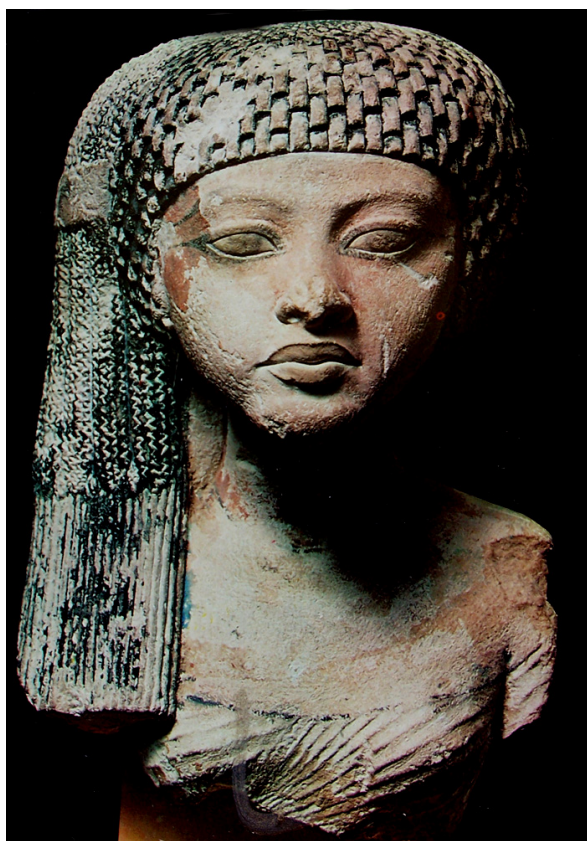


Fig.318. Princesa Amarna, 18ª Dinastía. 1580-1314 a. C. Piedra caliza policromada. Altura 15,4 cm. LOU, E 14715. Fotografía<sup>244</sup>.

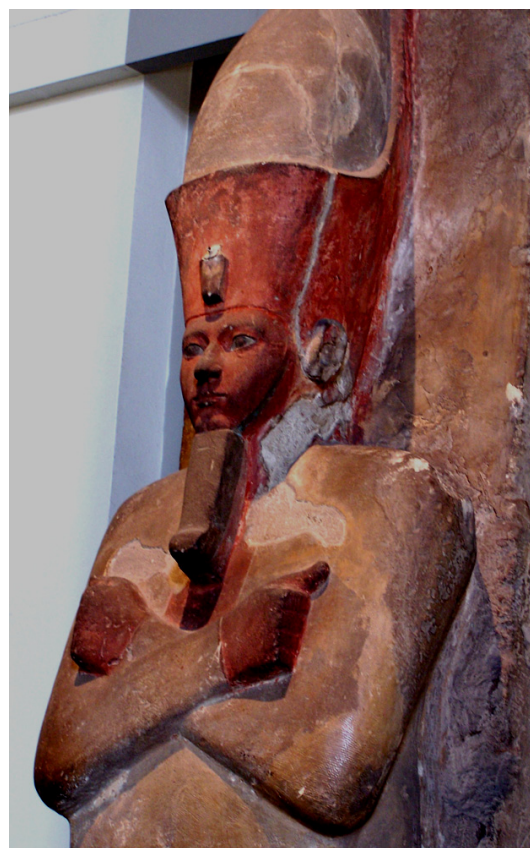


Fig.319. Osiride statue of Amenhotep I, 18 dynasty, c. 1510 aC. From Thebes, Deir el-Bahari. Agujeros en los puños apretados eran planeados para sostener una insignia real. EA 683. The British Museum, London. Fotografía. A. Sánchez Davía.

<sup>243</sup> LUCAS, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*. 4<sup>th</sup> Ed. (revised and enlarged by J.R. Harris). London: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1962. pp. 338-350

<sup>244</sup> DAMIANO, Mauricio. *Antiguo Egipto: El esplendor del arte de los faraones*. Milán: Electa, 2001. p.212.



En la época egipcia se utilizaron como adhesivos sustancias orgánicas diversas como albúmina de huevo o clara de huevo, cera de abejas, cola de procedencia animal, yeso-cal, resinas (en ocasiones mástic) mezclada con polvo de piedra, gomas (de varios tipos de acacia) y almidón.<sup>245</sup>

El huevo es un aglutinante encontrado en varias pinturas egipcias, aunque A. Lucas señala la dificultad para identificarlo al haber transcurrido tantos años. La cera de abejas se utilizaba sobre todo para pinturas y como capa protectora del agua. La cola tenía procedencia animal y se usaba como aglutinante (aunque se ha encontrado en mínimas cantidades) mezclado con yeso para fabricar “gesso”. Se aplicaba en una fina capa como recubrimiento o aparejo en madera, piedra y muros, en ocasiones se trabajaba grabando diseños en bajorrelieve, y actuaba como base en esculturas calizas que posteriormente se pintaban y doraban. En algunos casos no se ha encontrado la existencia de cola o adhesivo orgánico, por lo que el aglutinante de estos “gessos” se supone que es el carbonato cálcico arcilloso, además la presencia de cola puede proceder, por ejemplo, de una aplicación como sellador de poros de la superficie antes de aplicar la pintura.<sup>246</sup>



*Fig.320. Kaitep y su esposa. Pequeña estatua de piedra caliza policromada, Hetepheres, 5-6ª Dinastía, hacia 2300 aC, Probably from Giza, EA 1181. The British Museum, London. Fotografía A. Sánchez Davía.*

---

<sup>245</sup> LUCAS, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*. 4<sup>th</sup> Ed. (revised and enlarged by J.R. Harris). London: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1962. pp. 1-6

<sup>246</sup> LUCAS, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*. 4<sup>th</sup> Ed. (revised and enlarged by J.R. Harris). London: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1962. pp. 1-5.



Fig. 321. Escriba. De Sakkara, 5ª dinastía, caliza pintada, alt. 51 cm MEC JE 30272 Cg36. Fotografía<sup>247</sup>.

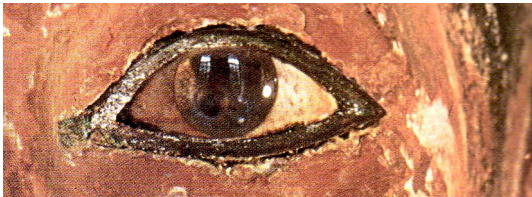


Fig. 322. Detalle de un ojo. Escultura del escriba sentado. Ojos incrustados: cuarzo blanco, madera de ébano y cristal de roca. “en la órbita, llenada con una mezcla de esmalte negro y blanco, un pequeño clavo de plata refleja la luz en el centro de la pupila” Fotografía<sup>248</sup>.



Fig. 323. Escriba sentado. Caliza policromada. Año 2480-2350 a.C. alt. 53,7 cm. Museo Louvre, París. LOU adquisición 1854 E 3023 Fotografía<sup>249</sup>.

<sup>247</sup> DAMIANO, Mauricio. *Antiguo Egipto: El esplendor del arte de los faraones*. Milán: Electa, 2001. p. 81

<sup>248</sup> BAZIN, G. *Historia de la escultura mundial: Panorámica ilustrada de la Prehistoria a nuestros días*. Barcelona: Blume, 1972. p. 122.

<sup>249</sup> DAMIANO, Mauricio. *Antiguo Egipto: El esplendor del arte de los faraones*. Milán: Electa, 2001. p. 58.





Figs. 324 y 325. Estatua en piedra caliza del virrey Paser presentando un jarrón con la cabeza un carnero, 19ª Dinastía, hacia 1250 aC, De Abu Simbel, Gran Templo. EA 1376. The British Muesum. London. Fotografía A. Sánchez Davía.

Las pinturas egipcias se realizaron con témpera y temples de cola y huevo, “Los materiales posibles y probablemente utilizados parecen estar limitados al adhesivo (gelatina, cola), goma, y albúmina (clara de huevo), [...]”<sup>250</sup> Estos aglutinantes son muy sensibles a la humedad por eso se cree que también utilizaban gomas exudadas por los árboles (acacia o astrágalo), solubles o parcialmente solubles en agua (en algún caso identificada una goma que pudiera ser de tragacanto). Aunque se ha establecido que el huevo fue el medio aglutinante común en ciertos periodos egipcios.

La cera de abejas se utilizaba como recubrimiento protector, y en ocasiones como aglutinante. La cera pura no se considera medio habitual dado su carácter pastoso y sólo se utilizaba en pequeñas aplicaciones, a no ser que se manipulara la *cera púnica* mencionada por Plinio. Ésta fue utilizada en el periodo Romano como medio pictórico en los retratos de las momias de el Fayum (fig. 387).

*“Calentando la cera en una solución alcalina (natron o potasa, por ejemplo) produce una emulsión cremosa. Que puede ser mezclada con pigmentos y manejada con pinceles [...]”*

<sup>250</sup>LUCAS, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*. 4<sup>th</sup> Ed. (revised and enlarged by J.R. Harris). London: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1962. p. 352

*Recientes investigaciones sugieren que la cera púnica es mezcla de cera de abejas y jabón de potasio formado por la saponificación de grasas animales o aceite vegetal con potasa.*<sup>251</sup>

Como capa final de protección empleaban barniz. Existían dos tipos, uno transparente sin color (que actualmente es de color marrón, amarillo o rojo) que se aplicó sobre madera, pintura mural, objetos, etc., y procedía de algún tipo de resina, y otro negro utilizado sobre madera para imitar el ébano.<sup>252</sup> El producto base de estos barnices eran resinas naturales, aunque eran de difícil manipulación en esta época, ya que las resinas naturales no son solubles en agua (por ejemplo el mástic), y en la época egipcia no se disponía comúnmente de los solventes adecuados.<sup>253</sup>



*Fig.326 . Estatua de Nofretmin en piedra caliza pintada, VI Dinastía, hacia 2300 aC. “Peinado recto y simple, vestidos sin pliegues son típicos en las representaciones de las mujeres en el antiguo Reino. El asiento ha sido pintado para imitar la apariencia de granito rojo.” EA 65430. The British Museum. London. Fotografía A. Sánchez Davía.*

<sup>251</sup> DAVIES, W.V. *Colour and Painting in Ancient Egypt*. London: The British Museum Press, 2001. pp. 22-23

<sup>252</sup> LUCAS, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*. 4<sup>th</sup> Ed. (revised and enlarged by J.R. Harris). London: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1962. p. 356.

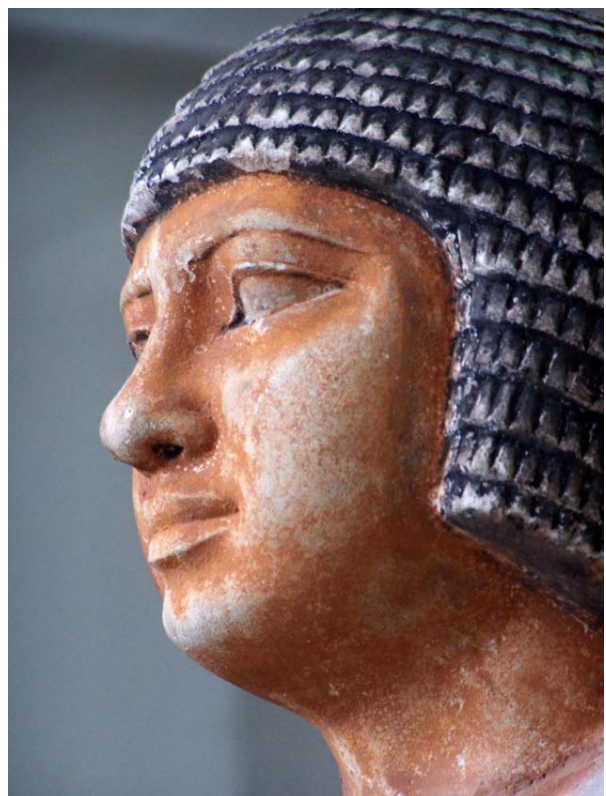
<sup>253</sup> LUCAS, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*. 4<sup>th</sup> Ed. (revised and enlarged by J.R. Harris). London: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1962. p. 359.





*Figs. 327, 328, 329 y 330. Diferentes vistas de la Estatua de Nenkheftka, Piedra caliza pintada, 6ª Dinastía, hacia el 2200 aC. Un excelente ejemplo de escultura de una tumba destinada como sustituto del cuerpo del difunto. La figura todavía retiene áreas considerables con su pintura original.*

*Gift of the Egyptian Exploration Society EA 1239. The British Museum, London.  
Fotografía A. Sánchez Davía.*







*Figs. 331 y 332. Detalle. Estatua de Nenkheftka, Piedra caliza pintada, Gift of the Egyptian Exploration Society EA 1239. The British Museum, London. Fotografía A. Sánchez Davía.*

### *Estudio comparativo*

Este estudio consiste en el retoque fotográfico de la imagen del retrato de la reina Nefertiti (figs 333 y 336) mediante el programa informático Photoshop para lograr una imagen bicromática.

La escultura presenta unas formas muy armónicas y elegantes, pero con este ensayo se observa que la distribución y combinación cromática de esta pieza es tan importante y tiene tanta fuerza como la propia configuración volumétrica. La imagen digital de la escultura retocada, fría e impersonal, queda falta de la fuerza y armonía que le proporciona el color (figs. 334 y 335).



Fig. 333. Izquierda. Nefertiti. Amarna, 18<sup>a</sup> dinastía Caliza (1372-54 a.C) , alt 50 cm. BÄM N 21300. Museo de Berlín. Fotografía<sup>254</sup>

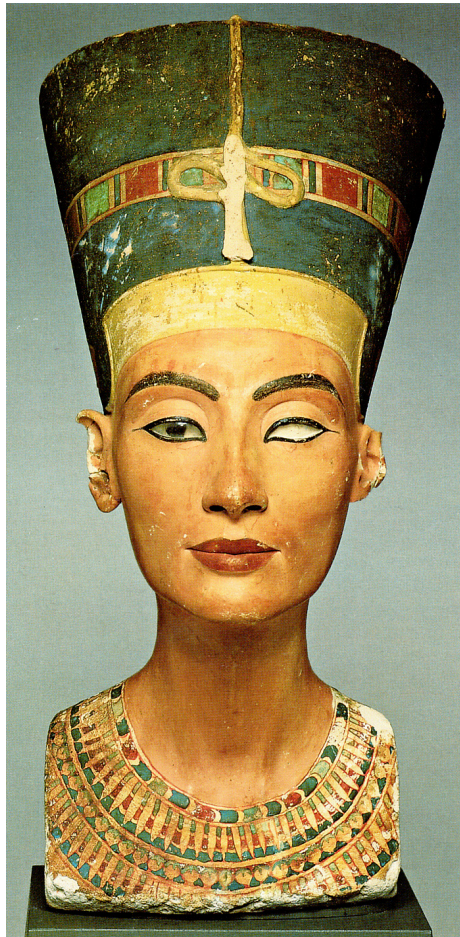


Fig. 334 y 335. A la derecha. Imágenes retocadas en las que se ha eliminado la información de color.



Fig. 336. Izquierda. Perfil del retrato de la reina Nefertiti, Amarna. Caliza policroma. XVIII din. Hacia 1360 a.d. C. Staatliches Museum, Berlín. Fotografía<sup>255</sup>.

<sup>254</sup> DAMIANO, Mauricio. *Antiguo Egipto: El esplendor del arte de los faraones*. Milán: Electa, 2001. p. 210.

<sup>255</sup> BAZIN, G. *Historia de la escultura mundial: Panorámica ilustrada de la Prehistoria a nuestros días*. Barcelona: Blume, 1972. p. 125.



## I. 1. 2. GRECIA Y ROMA, ESCULTURA EN COLOR OCULTA



Fig.337. Reconstrucción del Templo de Isis en Pompeya, Italia. Informative board, The British Museum. London. Fotografía A. Sánchez Davía.

La arquitectura y escultura en Grecia están estrechamente vinculadas y enriquecidas por el color ya que ambas recibían extensas policromías, continuando en esta época con las costumbres egipcias.

Por ejemplo, los templos dóricos “Eran normalmente contruidos en una piedra caliza blanda (de poros) tomadas de varias canteras locales, a cuenta de la escasez de mármol en esos distritos. La piedra caliza era cubierta con una fina capa de estuco, primero, para rellenar las grietas de la caliza, segundo para permitir mayor suavidad y refinamiento al ser dado a las superficies planas y molduras; y tercero para proveer un fondo adecuado para enriquecer en color.”<sup>256</sup>



Fig.338. “Illustration de Franz Kugler, Über die Polychromie der grechischen Architektur und Sculptur und ihre Grenzen, Stuttgart 1835 Amsterdam Rijksmuseum”. Fotografía<sup>257</sup>.

<sup>256</sup> BEEL DINSMOOR, William. *The Architecture of Ancient Greece: An account of its Historic Development*. (A reprint of the 1950 3<sup>rd</sup> Edition, revised) London: BT Batsford LTD, 1985 p. 70

<sup>257</sup> BLÜHM, Andreas; et al. *The Colour of Sculpture 1840-1910*. Amsterdam: Van Gogh Museum, Leeds: Henry Moore Institute, Zwolle: Waanders Uitgevers, 1996. p. 18.



Cuando los templos se construían en piedra porosa se cubría su superficie con un fino estuco de mármol y normalmente se pintaba por el método poco definido de la encáustica, calentando cera con colores vivos (principalmente rojo y azul, pero entre otros el verde, amarillo, negro y dorado) y aplicándose también en la pintura de las figuras no realistas en escultura.<sup>258</sup>



*Fig.339 . Ilustración de Capitel del Erecteion, dorado, rojo y azul. Reconstrucción de la policromía de un capitel por León V. Solon. Lámina VII.<sup>259</sup>*

*Fig.340 . Derecha. Capitel jónico del porche este, Erechtheum, Athens. Originalmente había sido ornamentado con pintura, accesorios de metal e incluso cristales coloreados incrustados. The British Museum, London. Fotografía A. Sánchez Davía.*



*“El Partenón, como otros templos griegos, fue pintado con colores contrastados sobre el nivel de las columnas y capiteles. Estampados designados a complementar la forma de las molduras arquitecturales eran grabados sobre la superficie del mármol, y el color era aplicado usando pigmentos naturales. Los más frecuentes eran silicato de cobre para el azul, rojo óxido para el rojo y oro en forma de dorado.*

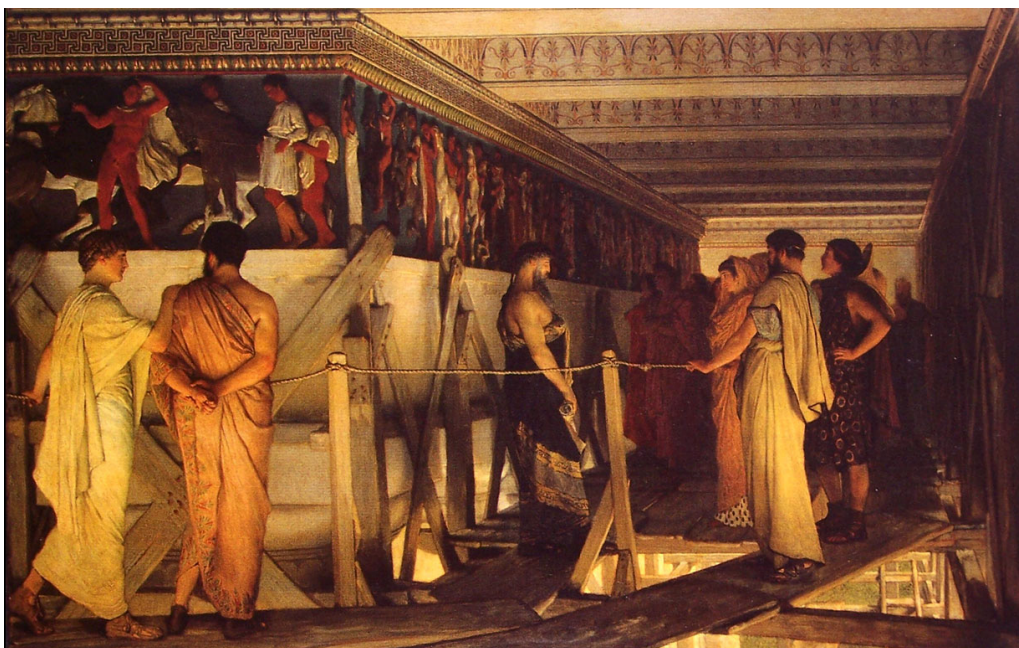
*En adición a esta policromía, se piensa que ambas superficies, el pintado y todo el mármol blanco fueron entonadas con un barniz opaco orgánico. Este servía para armonizar la policromía en si misma y para quitar la intensidad del mármol recién cortado. El barniz también habría protegido la superficie contra la erosión.”<sup>260</sup>*

<sup>258</sup> ROBERTSON, D.S. *A handbook of Greek & Roman Architecture*. 2<sup>nd</sup> Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1964. p. 50

<sup>259</sup> SOLON, Leon V. *Polychromy: Architectural and Structural Theory and Practice*. New York: The architectural Record, 1924. p. 97.

<sup>260</sup> Cartel informativo del Museo Británico. Londres. *Informative Board. The British Museum, London.*





*Fig.341. "Lawrence Alma-Tadema, Phidias and the frieze of the Parthenón, Athens, 1868, Birmingham Museum and Art Gallery".Fotografía<sup>261</sup>.*

En las esculturas del Partenón conservadas en el Museo Británico no queda prácticamente ninguna evidencia de la policromía que las cubría.<sup>262</sup> Sin embargo el testigo de la policromía procede de los restos de pintura del friso oeste del Partenón, cuyas labores de restauración se llevaron a cabo en 1993 y cuyas trazas de color no han sido aún publicadas.<sup>263</sup>



*Fig.342 y 343. Izquierda. Detalle de los restos de policromía de un fragmento procedente de la moldura de la cumbre del friso del Partenón. A la derecha la reconstrucción volumétrica y de policromía realizada por F. Penrose. Ambos expuestos en The British Museum, London. Fot. A. Sánchez Davía.*

<sup>261</sup> BLÜHM, Andreas; et al. *The Colour of Sculpture 1840-1910*. Amsterdam: Van Gogh Museum, Leeds: Henry Moore Institute, Zwolle: Waanders Uitgevers, 1996. p. 63.

<sup>262</sup>JENKINS, Ian. *Cleaning and Controversy, the Parthenon Sculptures 1811-1939*. The British Museum Occasional papers, number 146. London: The British Museum Press, 2001. p. 18.

<sup>263</sup>JENKINS, Ian. *Greek Architecture and its Sculpture in the British Museum*. London: The British Museum Press, 2006. p. 43.



La escultura griega cobraba un valor expresivo orgánico e independiente dentro del conjunto arquitectónico lineal que la circunscribía, ambos vinculados y unificados por medio de la policromía, estas normas se aplicaban también al interior de los edificios.

El Partenón, dedicado a la diosa Atenea, contenía su escultura colosal criselefantina de marfil y oro diseñada por Fidias, “Esta fue construida sobre un núcleo de madera, teniendo marfil para la cara, brazos y pies, y oro para los ropajes y accesorios.”<sup>264</sup> De la cual existen varias reconstrucciones y reinterpretaciones (figs. 344 y 345).

Fig.344. Abajo. Copia antigua reducida en mármol de la Atenea Partenos de Fidias entre el 477y 435 a. d. C. Encontrada junto al gimnasio del Varvakeion en 1880 y con restos de policromía. Altura, 1,05m. Siglo II a.d.C Museo Nacional, Atenas. Fotografía<sup>265</sup>.



Fig.345. Derecha. Charles Simart, Athena Parhenos, c. 1846-55, mármol, bronce, marfil y piedras preciosas, policromada la cara, armadura y prendas. Chateau de Dampierre. Intento por reconstruir Athena Parthenos de Fidias. Usando la técnica griega criselefantina. Fotografía<sup>266</sup>. Aunque es una reinterpretación de la pieza de Fidias que era en oro y marfil, presenta un eminente valor artístico en cuanto a la combinación escultura-color al combinar policromía pictórica y la aportada por materiales diversos.

<sup>264</sup> BEEL DINSMOOR, William. *The Architecture of Ancient Greece: An account of its Historic Development.* (A reprint of the 1950 3<sup>rd</sup> Edition, revised) London: BT Batsford LTD, 1985. p. 178

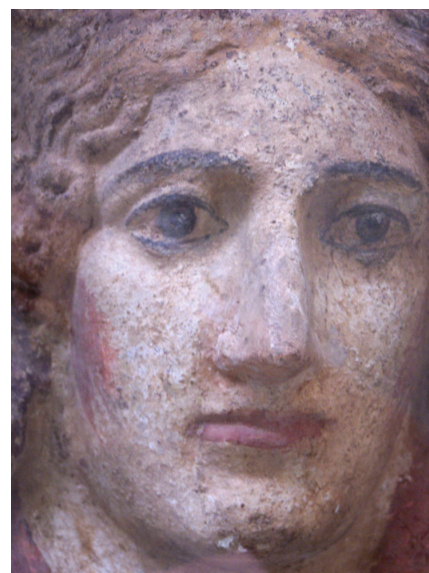
<sup>265</sup> DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From Antiquity to the Middle Ages. From the Eighth Century BC to the Fifteenth Century.* Vol. I. London (etc.): Taschen, 1999. p. 27.

<sup>266</sup> DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From the Renaissance to the Present Day. From the Fifteenth to the Twentieth Century.* Vol II. London (etc.): Taschen, 1999. p. 371.

En los orígenes del arte griego la decoración escultórica de los templos se realizó en terracota, material ligero, poroso y manipulable que también se policromaba (figs. 347 y 348).

*"Estatuas de terracota fueron también usadas en los frontones más tempranos, a causa de la ligereza del material. La escultura en los frontones era habitual (aunque nunca obligatoria)...Cuanto más alta se colocaba la escultura, requería ser más pronunciada; las metopas están generalmente en alto relieve y las figuras del frontón casi o completamente en bulto redondo [...] Los complicados modelados de la decoración de la terracota más temprana también tuvo el efecto de distraer la atención de la estricta geometría del edificio; los colores, siendo quemados eran necesariamente sombra, en una gama de púrpuras, marrones, y de rojos a beiges. Un método alternativo de decoración, por medio de pintar la piedra, suplantó a la terracota antes del final del siglo sexto. Los colores eran aplicados después de que los diseños habían sido tallados encima de la piedra, la cual si era áspera o absorbente, se le daba una capa de agua de cal o estuco de polvo de mármol, y después eran obtenidos unos colores muy luminosos; [...] Las líneas rotas de las figuras esculpidas en las metopas y frontones eran todavía más rompedoras por la aplicación de varios colores a las telas y otros accesorios"*<sup>267</sup>

*Fig.346. Detalle de la cara-Head of a maenad- Antefix.)*



*Fig.347. Terracota pintada (Antefix moulded with the head of a maenad in a shell-like frame) Etrusca, 400-300 AC. From Cerveteri. Podrían haber estado colocadas alternativamente a lo largo del alero del templo. The British Museum, London. GR 1893.6-28.2(Terracotta B 621). Fotografía A. Sánchez Davía. Sobre estas líneas la fotografía de de detalle de la cara.*

<sup>267</sup> LAWRENCE, A.W. *Greek Architecture*. 2<sup>nd</sup> Ed. (reprinted with revisions). Australia: Penguin Books LTD, 1969. pp. 110-111





*Fig.348 . Cabeza de un hombre con barba, probablemente de una escultura situada sobre el tejado de un templo. Etrusca, sobre el 425-375 AC. Probablemente de Orvieto. Influenciada por la escultura Ateniese. British Museum, London. GR 1950.7-6.1. Fotografía A. Sánchez Davía.*



*Fig. 349. A la izquierda cántaro en forma de cabeza de hombre 300-250 a.C y a la derecha Jarra de pitorros laterales en la forma de cabeza femenina 270-200 a.C. The British Museum, London. Fotografía A. Sánchez Davía.*



*Fig.350. Sarcófago etrusco en terracota policromada. Hacia 150-130 aC. The British Museum, London, GR 1887 4-2.1 (Sculpture D 786). Fot. A. Sánchez Davía.*



Fig.351 . Urna cineraria de terracota, pintada con la figura de un hombre reclinado. Etrusca, Hacia 150-100 a.C. The British Museum, London GR 1926.3-24.124 (Terracotta D 795). Fotografía A. Sánchez Davía.

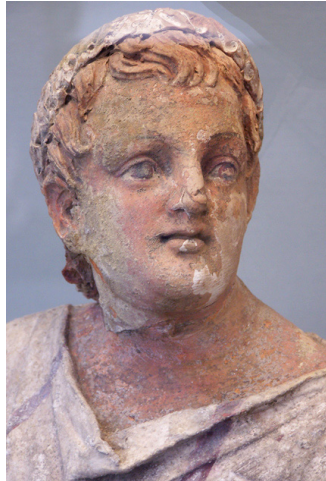


Fig. 352. A la izquierda detalle de la cara.



Fig. 353. Abajo. Zeus raptando a Ganímedes, de Olimpia, Terracota. Siglo V a. C. (1.097m) Olympia Museum.

La capa de Zeus y guirnalda en marrón rojizo, mientras que en negro profundo con un brillo azulado aparece la barba y pelo, pupilas y bordes de su ropaje. En Ganímedes los tonos marrones son más claros. Las partes del cuerpo en amarillo. Es posible que la pieza tuviera una función arquitectural. Fotografía <sup>268</sup>



Fig. 354 .Friso de terracota con dos esfinges. Hecho en Capua sobre el 350-300 a.C. The British Museum, London GR 1877.8-2.17 Terracotta D 661) Fotografía A. Sánchez Davía.

<sup>268</sup> LULLIES, Reinhard. *Greek Sculpture*. London: Thames and Hudson, 1957, f. 103. p. 51

Las herramientas que se utilizaban en la época griega eran las mismas que actualmente conocemos. En la época arcaica se siguió el método egipcio para encajar la escultura marcando su contorno en el bloque y trabajando por caras de una forma ortogonal, pero más tarde era impensable pasar una pieza al bloque sin un método mecánico de punteado. Se basaban en un modelo de barro o yeso del que se medían las medidas más importantes, para taladrar el bloque hasta alcanzar la profundidad deseada, y después eliminar el mármol sobrante. En época helenística era imprescindible el uso de un modelo en barro de la misma medida que la pieza a tallar.<sup>269</sup>

Aparte del extraordinario desarrollo formal escultórico es la policromía “oculta” lo que más intriga de estas piezas, ya que únicamente quedan pequeños restos de lo que en su día debió ser plena exuberancia de color.

*“Generalmente el pelo, los labios y el iris de los ojos son rojos, contrastando con las pupilas negras y los ojos marrones y la negra línea exterior de los párpados e iris [...] Aunque la coloración no era aplicada hasta que el mármol había sido sellado con algún compuesto, los matices no podían haber sido tan sorprendentemente vívidos, [...] En las esculturas Griegas y tempranas Romanas los ojos eran normalmente pintados sobre el mármol [...]”*

270



*Fig.355 . Retrato de una sacerdotisa. La cabeza puede que representara a una joven sacerdotisa del culto a Athena Polias. Hacia el 350-340 AC. Templo de Athena Polias, Priene. GR 1879.3-20.202 (Sculpture 1153. The British Museum, London. Fotografía A. Sánchez Davía.*

En la policromía griega se concedía especial atención a las partes más significativas del cuerpo humano como ojos, labios, cejas, pelo, ropajes o piel (figs.355 y 356).

*“Las estatuas más acabadas habían sido teñidas por un delicado barniz teñido, el cual pudiera haber dado el efecto de pálida carne y siendo al mismo tiempo transparente [...] el pelo de la Venus de Médici era absolutamente*

---

<sup>269</sup> LAWRENCE, A.W. *Greek and Roman Sculpture*. London: Jonathan Cape LTD, 1972. p. 32.

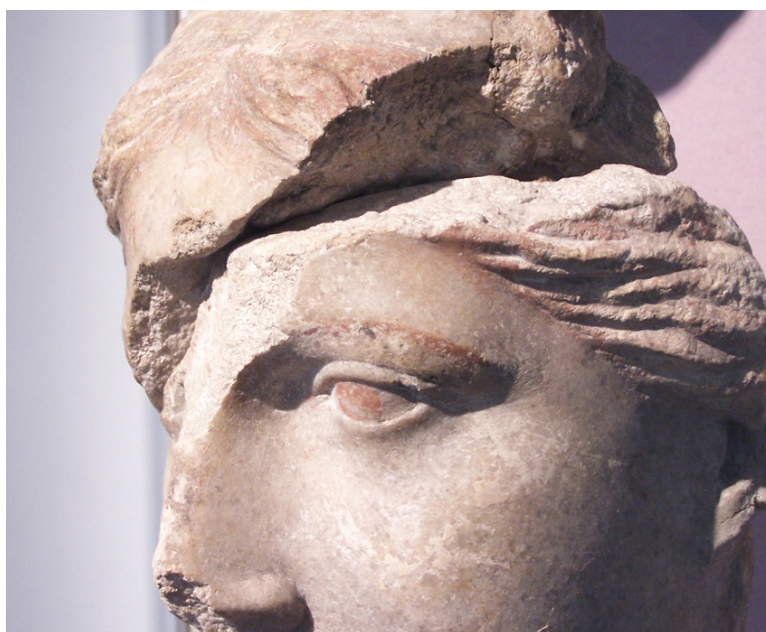
<sup>270</sup> LAWRENCE, A.W. *Greek and Roman Sculpture*. London: Jonathan Cape LTD, 1972. p. 34.



*dorado (el dorado sobre el pelo de la preciosa Minerva encontrada en Herculano era tan grueso, que podía ser quitado en escamas en su primer descubrimiento [...]) En los ojos de sus estatuas especialmente, los antiguos parecían haber concentrado todos sus efectos de color, no era inusual que insertaran gemas reales o cristales de colores [...]"*<sup>271</sup>



*Figs.356 y 357. Retrato de una reina, posiblemente Berenike II de Cyrene (hacia el 273-221 AC) Mármol griego, sobre el 240-200 AC. Encontrado en el templo de Apolo en Cierne. Trazas sustanciales de la pintura original sobreviven en el pelo y los ojos. The British Museum, London. GR. 1861, 11-27.145 and 1927, 2-14.1. Fotografía A. Sánchez Davía.*



<sup>271</sup> SCARF, George. "On the Polychromy of Sculpture: being recollections of Remarks on this subject by C.O. Müller, at Athens, in 1840" London: The Museum of Classical Antiquities, 1851. p. 248





Fig.358. Escultura mítica de Tifón. Monstruo con tres cuerpos y terminados en cola de serpiente entrelazada. Piedra caliza estucada y policromada, procedente de la esquina derecha de un frontón del templo arcaico actualmente desaparecido (hacia 570 a.C.). Museo de la Acrópolis, Atenas. Pelo y barba en azul oscuro, rojo intenso y los tonos de la piel varían entre amarillos y rojizos. Los ojos rojos bordeados en negro. Fotografía <sup>272</sup>.

Fig.359. Detalle. Escultura mítica de Tifón. Piedra caliza estucada y policromada, (hacia 570 a.C.). Museo de la Acrópolis, Atenas. ©FotoAleph<sup>273</sup>.



El mármol, aún siendo una superficie poco porosa, primero se trataba con una imprimación que actuaba a la vez de veladura de color y de barniz protector de la superficie contra las inclemencias del tiempo<sup>274</sup>.

*"La blancura mortecina en la escultura antigua se evitaba mediante la aplicación de una materia selladora a la superficie y friccionando con una prenda. El último proceso, llamado "gánosis", necesitaba un renovado constante, por eso la apariencia exacta de una estatua tan tratada nunca será conocida aparte de las descripciones antiguas".*<sup>275</sup>

<sup>272</sup> LULLIES, Reinhard. *Greek Sculpture*. London: Thames and Hudson, 1957. f. 25. p. 40

<sup>273</sup> "Grecia Clásica. Tesoros de la Acrópolis de Atenas" Ref. 08122337. FotoAleph, Centro de documentación fotográfica y visual. <http://www.fotoaleph.com/Colecciones/GreciaClasica/GreciaClasica-foto24.html#GreciaClasica> [Consulta: 15 Julio 2008]

<sup>274</sup> JENKINS, Ian. *Greek Architecture and its Sculpture in the British Museum*. London: The British Museum Press, 2006. p. 36.

<sup>275</sup> LAWRENCE, A.W. *Greek and Roman Sculpture*. London: Jonathan Cape LTD, 1972. p. 35.

La técnica de la gánosis es un procedimiento basado en la aplicación de cera que precisaba renovación constante, con la consiguiente incidencia directa en la conservación de la policromía.

*“El antiguo método de encáustica que Plinio nos describe era solamente capaz de ser aplicado con cera sobre mármol, o con goma transparente sobre marfil. Después de este método antiguo, opuesto al empleo de cera derretida, ellos aplicaron cera coloreada en la forma de pasta, con la cual ponían varios colores, en la manera de mosaico, o trabajo con esmalte. Esto lo derretían después con hierros calientes, cubriendo el borde con un filete de un color diferente a las partes en contacto. El mármol blanco nunca permanecía desnudo, no siquiera en las partes que pretendían que apareciese en blanco, pero la capa de color en la que era cubierto era preparada más o menos transparente, para posibilitar que la blancura del mármol apareciera a través de ella [...]”<sup>276</sup>*



*Fig.360. Korai. Mármol, altura 55 cm. Copiosas trazas de color. no.675. Athens, Acrópolis Museum, Fotografía<sup>277</sup>*

En Grecia se utilizaba tanto la policromía con colores opacos como en veladura, lo que aporta un mayor juego cromático a la pieza escultórica. Aunque en cada una de las épocas griegas se aplicaba un tipo de policromía distinto, desde las policromías de la escultura completa hasta las que se limitan sólo a unas partes de la pieza; algunas incluían complicadas grecas

<sup>276</sup> SEMPER, Gottfried. “On the Study of Polychromy and its revival” London: The Museum of Classical Antiquities, 1851. pp.242-243

<sup>277</sup> RICHTER, G.M.A. *Korai. Archaic Greek Maidens: A study of the Development of the Kore Type in Greek Sculpture*. London: Phaidon Press LTD, 1988. Figs. 396-397, 394-395. No. 123.



ornamentales, como ocurre por ejemplo, en las figuras femeninas korai de la época arcaica (fig. 361).

*“en contraste a aquellas de poros- las esculturas de mármol no estaban completamente cubiertas con pintura, sólo en parte. La superficie blanca se permitía en ciertas proporciones (quizás entonadas con “gánosis”) pero era enriquecido con una gran variedad de diseños, ribetes de variadas dibujos, y ornamentos únicos dispersos sobre las amplias superficies. Por otra parte, el pelo, los labios, los ojos y diademas, i.e. las superficies pequeñas, estaban por lo general pintadas en colores sólidos. En otras palabras, justo como varias partes de la escultura eran diseñadas en composición armoniosa, así los colores aplicados eran cuidadosamente planeados en añadir al efecto armonioso del conjunto.”*<sup>278</sup>

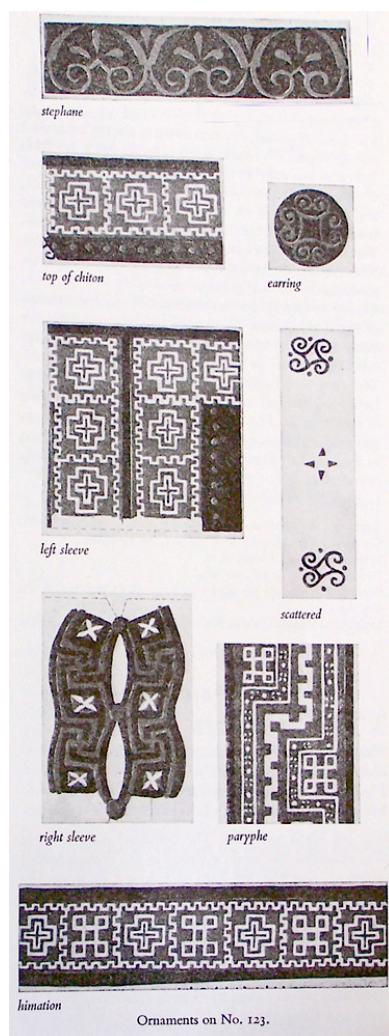


Fig.361. Derecha. Korai de la acrópolis de Atenas. Escultura en mármol policromado. Último cuarto del siglo VI a.C. Altura 55 cm. Museo de la acrópolis, Atenas. no. 675. Fotografía<sup>279</sup>.

*Partes encontradas entre los años 1886-88 cerca del Partenón con copiosas trazas de color. El antebrazo derecho estuvo trabajado por separado y debió llevar ornamentos metálicos.*<sup>280</sup>

Fig.362. Izquierda. Detalle de la reconstrucción de cenefas que adornan la escultura. Imagen<sup>281</sup>.

<sup>278</sup> RICHTER, G.M.A. *Korai. Archaic Greek Maidens: A study of the Development of the Kore Type in Greek Sculpture*. London: Phaidon Press LTD, 1988. p. 14

<sup>279</sup> LULLIES, Reinhard. *Greek Sculpture*. London: Thames and Hudson, 1957. Fig. 67.

<sup>280</sup> RICHTER, G.M.A. *Korai. Archaic Greek Maidens: A study of the Development of the Kore Type in Greek Sculpture*. London: Phaidon Press LTD, 1988. pp. 79-80

<sup>281</sup> RICHTER, G.M.A. *Korai. Archaic Greek Maidens: A study of the Development of the Kore Type in Greek Sculpture*. London: Phaidon Press LTD, 1988. p. 79.

Fig.363. Derecha. Korai de la acrópolis de Atenas. Mármol con restos de policromía, Hacia el 525a.C. Altura 1,82m. n° 682. Museo de la acrópolis, Atenas. Fotografía<sup>282</sup>.

Fig.364. Detalle de la reconstrucción de las cenefas que ornamentan la escultura de Korai de la acrópolis de Atenas. Imagen<sup>283</sup>.

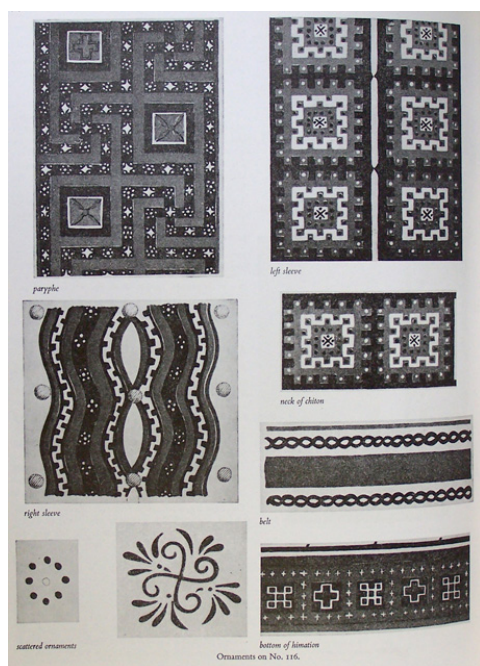
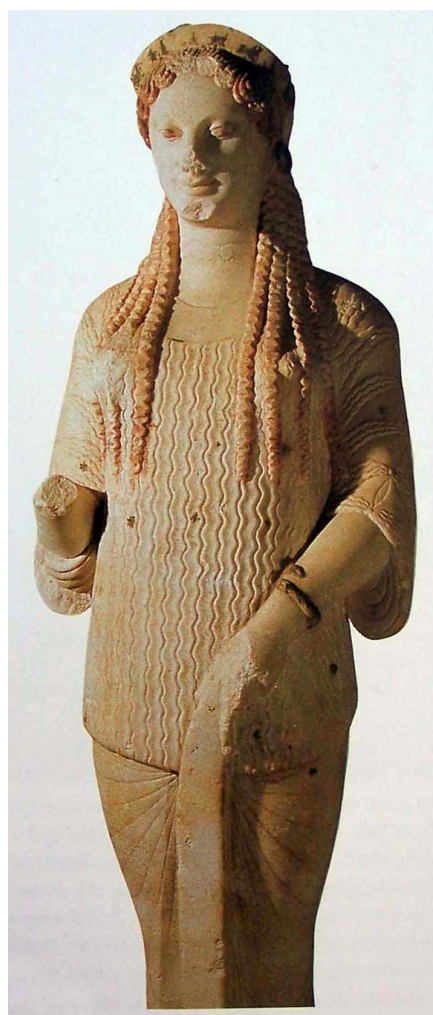


Fig.365. Koré, Mármol con restos de policromía. Hacia el 525 a.C. No. 670. Museo de la Acrópolis, Atenas. Fotografía<sup>284</sup>.



<sup>282</sup> DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From Antiquity to the Middle Ages. From the Eighth Century BC to the Fifteenth Century*. Vol. I. London (etc.): Taschen, 1999.. p. 55.

<sup>283</sup> RICHTER, G.M.A. *Korai. Archaic Greek Maidens: A study of the Development of the Kore Type in Greek Sculpture*. London: Phaidon Press LTD, 1988. No. 116. p. 74

<sup>284</sup> DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From Antiquity to the Middle Ages. From the Eighth Century BC to the Fifteenth Century*. Vol. I. London (etc.): Taschen, 1999. p. 55.





Fig.366. Koré del peplo. Detalle de la cara (derecha) 'The Peplos Kore', Acrópolis ateniense. Mármol con restos de policromía, arpo. 540 a.C.. Altura 1,20 m. El brazo derecho fue trabajado por separado y presenta el hueco para insertar el tenón. nº 679. Atenas, Museo de la Acrópolis, Fotografías.<sup>285</sup> A la derecha detalle del retrato.



Fig.367. Koré del peplo. Mármol pintado. Aprox. 540 a.C. Museo de la Acrópolis de Atenas. Fotografía<sup>286</sup>

<sup>285</sup> *Los grandes descubrimientos de la Arqueología*. Vol. 4. [Barcelona?]: Planeta Agostini, ca. 199? pp. 172-173.

<sup>286</sup> NAVARRO, Francesc (Dir. Ed.). *Historia del Arte: Grecia*. Madrid: Salvat, 2006. p. 85.



Fig.368. Koré con peplo. Réplica en yeso que reconstruye la policromía original, Fotografías de Lars Kirkegaard <sup>287</sup>

La policromía de las esculturas masculinas Kuroi fue más sencilla, al ser figuras desnudas el empleo de color se limitaba a las principales partes del cuerpo y es muy probable que se proporcionara un tono a la piel, más oscuro que el de las representaciones femeninas, “Indudablemente el color fue usado extensivamente en los kouroi de piedra, al igual que en otras esculturas Griegas. Las trazas de color sobre ribetes, pelo, labios, ojos, dentro de los orificios nasales, y alrededor de los pezones atestiguan esta policromía.”<sup>288</sup>

En la época griega, además de la cera y de la tempera al huevo que se han detectado en análisis actuales de mármoles, se ha hallado que también

empleaban como aglutinantes el alquitrán y la miel.<sup>289</sup>

“Los colores principales usados eran el rojo y el azul (a menudo ahora se ha vuelto verde); también amarillo, marrón, negro y blanco y verde. Esta es, la misma paleta que fue usada en Egipto fue adoptada por los griegos. Los médium eran goma, cola, y clara y yema de huevo, todos ellos pueden ser disueltos en agua, y esto explica la transitoria naturaleza del color, que ‘mientras servía para adherir el pigmento, realmente no lo protegía del ataque de la humedad del aire o prevenía su fácil eliminación’ (Laurie, *Greek and Roman Painting*, p. 18).”<sup>290</sup>

<sup>287</sup> SANTOS FERNANDEZ, Jose Luís. “El museo Nacional de Arqueología de Atenas presenta a partir de hoy una exposición de réplicas de 21 estatuas policromadas de Dioses Griegos” [En línea]. Dioses en color, National Archeological Museum of Athens, Del 29 de enero al 25 de marzo de 2007. En *Terrae Antiquae Revista de Arqueología e Historia*. Madrid: Térrea Antiquae, 2007. <http://terraeantiquae.blogia.com/2007/013101-el-museo-nacional-de-arqueologia-de-atenas-presenta-a-partir-de-hoy-una-exposici.php> [Consulta: 15 Julio 2008]

<sup>288</sup> RICHTER, G.M.A. *Kuroi. Archaic Greek Youths: A Study of the Development of the Kouros type in Greek Sculpture*. London: Phaidon Press, LTD, 1960. p.10

<sup>289</sup> BURNETT GROSSMAN, Janet. *Looking at Greek and Roman Sculpture in Stone: A guide to terms, styles, and techniques*. Los Ángeles (California): The J. Paul Getty Museum, 2003. p. 18.

<sup>290</sup> RICHTER, G.M.A. *Korai. Archaic Greek Maidens: A study of the Development of the Kore Type in Greek Sculpture*. London: Phaidon Press LTD, 1988. p 14



En el siglo V empleaban colores muy vivos en las zonas altas de los edificios.

*“el rojo habrá sido un pigmento natural o producido artificialmente como óxido de hierro. El azul era normalmente un silicato de cobre, también producido naturalmente, como en las rocas volcánicas, o manufacturado (...). El color era el profundo, rico, azul como la tinta de lapislázuli y que es a veces llamado azul Egipcio. El oro era el tono amarillo cálido del metal puro sin aleación, posiblemente realzado por una capa inferior roja o azul (bol).”<sup>291</sup>*

Con respecto al blanco los griegos aprovechaban el tono claro de la piedra, que dejaban sin cubrir o con una suave veladura; ésta es una importante diferencia respecto a la época egipcia, en la que el color blanco sí se utilizaba y además en gran medida (fig. 369).

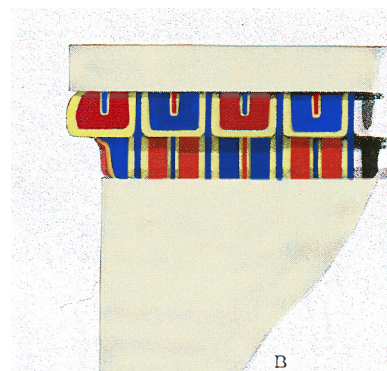
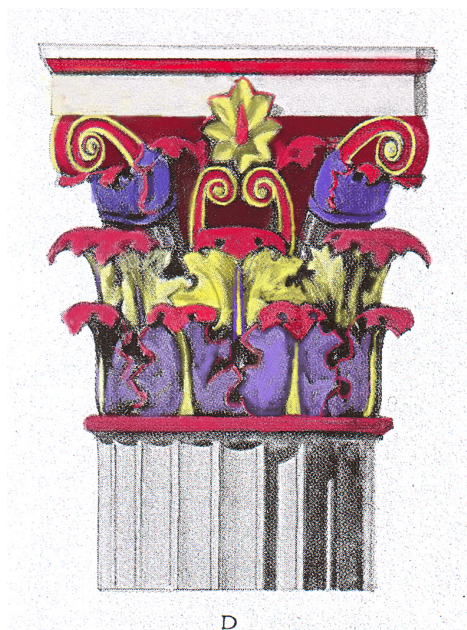


Fig. 369 . B. “Tratamiento típico Dórico de pilastras”. D. “Capitel de terra-cotta Corintia, Olympia”.. Figuras<sup>292</sup>.

También se ha identificado que usaron los siguientes colores: negro, verde, morado, tierra, púrpura, rojo en dos matices, blanco, amarillo- ocre, azul en dos matices, y algunos ya de época Helenística como púrpuras y violetas. Fundamentalmente concedían mucha importancia a la estructuración y relación entre colores.

*“En los últimos tipos de efecto de color, el factor- color común es, en la mayoría de los casos el medio para establecer relaciones cromáticas [...] El factor común que vincula, es un color que relaciona los otros juntos en relación armoniosa, porque es un elemento en la composición de cada uno. Los griegos y otros primeros maestros de la policromía parecen haber buscado deliberadamente colores que tenían la mínima relación cromática para decorar su arquitectura [...] Lo ilusorio no tiene lugar en el efecto estructural y ningún método de tratamiento decorativo que falsifica o distorsiona la forma estructural es inadmisibles.”<sup>293</sup>*

---

<sup>291</sup> JENKINS, Ian. *Greek Architecture and its Sculpture in the British Museum*. London: The British Museum Press, 2006. p. 37

<sup>292</sup> SOLON, Leon V. *Polychromy: Architectural and Structural Theory and Practice*. New York: The architectural Record, 1924. Lámina VII. p. 97.

<sup>293</sup> SOLON, Leon V. *Polychromy: Architectural and Structural Theory and Practice*. New York: The architectural Record, 1924. p.p.72-78.

El factor común o “color común” servía de nexo de unión entre dos colores completamente antagonistas o complementarios, “El principio de color-alternación sobre detalles que se repiten y la convención de el filete-contorno que elimina el contacto entre colores antagonistas”<sup>294</sup>, por ejemplo entre el rojo y el azul aparecen líneas de unión amarillas (fig. 370). Con la alternancia de colores repetitivos lograban una combinación armónica que contrastaba por la viveza de tonos.

Fig.370. Derecha. Réplica en yeso policromada del arquero Troyano Paris, Frontón oeste del Templo de Athena Aphaia, Aegina 500 a.C. Original en Staatliche Antikensammlungen und Glyptothek, Munich. Reconstruida según los análisis y estudios de la Universidad de Munich (Alemania). Photo/Thanassis Stavrakis). Fotografía<sup>295</sup>



Fig.371 . Abajo. Reconstrucción de la policromía del Frontón oeste del Templo de Athena Aphaia, Aegina.(aprox. 500 a.C). Fotografías de Lars Kirkegaard<sup>296</sup>



<sup>294</sup> SOLON, Leon V. *Polychromy: Architectural and Structural Theory and Practice*. New York: The architectural Record, 1924. p. 64.

<sup>295</sup> SANTOS FERNANDEZ, Jose Luís. “El museo Nacional de Arqueología de Atenas presenta a partir de hoy una exposición de réplicas de 21 estatuas policromadas de Dioses Griegos” [En línea]. Dioses en color, National Archeological Museum of Athens, Del 29 de enero al 25 de marzo de 2007. En *Terrae Antiquae Revista de Arqueología e Historia*. Madrid: Térrea Antiquvae, 2007. <http://terraeantiquvae.blogia.com/2007/013101-el-museo-nacional-de-arqueologia-de-atenas-presenta-a-partir-de-hoy-una-exposici.php> [Consulta: 15 Julio 2008]

<sup>296</sup> SANTOS FERNANDEZ, Jose Luís. “El museo Nacional de Arqueología de Atenas presenta a partir de hoy una exposición de réplicas de 21 estatuas policromadas de Dioses Griegos” [En línea]. Dioses en color, National Archeological Museum of Athens, Del 29 de enero al 25 de marzo de 2007. En *Terrae Antiquvae Revista de Arqueología e Historia*. Madrid: Térrea Antiquvae, 2007. <http://terraeantiquvae.blogia.com/2007/013101-el-museo-nacional-de-arqueologia-de-atenas-presenta-a-partir-de-hoy-una-exposici.php> [Consulta: 15 Julio 2008]



Fig. 372 y 373. Réplica policromada de una cabeza de guerrero griego, procede del frontón este del Templo de Athena Aphaia, Aegina.(ca. 490 a.C) Original: Staatliche Antikensammlungen un Glyptothek, Munich. Reconstruida según los análisis y estudios de la Universidad de Munich (Alemania). Fotografías de Lars Kirkegaard<sup>297</sup>



Las reconstrucciones muestran de una forma única la distribución de los colores que presentaban las piezas originales, ya que el procedimiento y técnica pictórica empleado en las policromías son imposibles de reproducir. La ordenación de color sobre el volumen en la policromía de la escultura la época griega correspondió con una percepción a nivel artístico excepcional.

---

<sup>297</sup> SANTOS FERNANDEZ, Jose Luís. “El museo Nacional de Arqueología de Atenas presenta a partir de hoy una exposición de réplicas de 21 estatuas policromadas de Dioses Griegos” [En línea]. Dioses en color, National Archeological Museum of Athens, Del 29 de enero al 25 de marzo de 2007. En *Terrae Antiquae Revista de Arqueología e Historia*. Madrid: Térrea Antiquvae, 2007.  
<http://terraeantiquvae.blogia.com/2007/013101-el-museo-nacional-de-arqueologia-de-atenas-presenta-a-partir-de-hoy-una-exposici.php> [Consulta: 15 Julio 2008]

*“En el momento en que la superficie coloreada de una figura es privada de algunos puntos en común con los objetos que la rodean (y este sentimiento constituye una parte del principio de tono en una pintura) el trabajo se vuelve crudo y vulgar. [...] Un gran artista, hace unos años, intentó con el color sobre una magnífica estatua que fue expuesta públicamente. Fracasó, y ¿por que? Porque cuando lo empleó, lo restringió únicamente al borde de la toga- un mero estampado descuidando aplicarlo sobre las partes más importantes, concretamente los ojos, pelo, mejillas y labios, los cuales deberían haber sido decorados en preferencia a cualquier otra parte. [...] Un gran artista que conoce su material puede hacer maravillas.”*<sup>298</sup>

La policromía actúa sobre las sensaciones que percibe el espectador, tanto por su valor pictórico como por el decorativo.<sup>299</sup> En la escultura los elementos estructurales no dependen del color para materializarse, pero éste contribuye de una forma subordinada y añade un interés secundario a la pieza.<sup>300</sup>

Estos aspectos se cuidan hasta el mínimo detalle en Grecia, en esta época el color no fue algo accesorio, la combinación de colores y su efecto sobre el volumen tenía tanta importancia como la propia forma. Admiraban la perfecta ejecución de las policromías, Plinio indica que cuando preguntaban a Praxíteles *“qué obras de mármol se merece su consideración más alta”* él respondía: *“aquellas en que Nicias ha metido su mano”*,<sup>301</sup> Nicias era un pintor prestigioso de la época.



*Fig.374.Reconstrucción de Atenea Lemnia. Fotografías de Lars Kirkegaard.*<sup>302</sup>

<sup>298</sup> SCARF, George. “On the Polychromy of Sculpture: being recollections of Remarks on this subject by C.O. Müller, at Athens, in 1840” London: The Museum of Classical Antiquities, 1851. p.p. 249-250.

<sup>299</sup> SOLON, Leon V. *Polychromy: Architectural and Structural Theory and Practice*. New York: The architectural Record, 1924. p. 23

<sup>300</sup> SOLON, Leon V. *Polychromy: Architectural and Structural Theory and Practice*. New York: The architectural Record, 1924. p. 28

<sup>301</sup> PLINIO SEGUNDO, Cayo. *Naturalis Historia. Lapidario Plinio el Viejo*. Madrid: Alianza, 1993. p. 116.

<sup>302</sup> SANTOS FERNANDEZ, Jose Luís. “El museo Nacional de Arqueología de Atenas presenta a partir de hoy una exposición de réplicas de 21 estatuas policromadas de Dioses Griegos” [En línea]. Dioses en color, National Archeological Museum of Athens, Del 29 de enero al 25 de marzo de 2007. En *Terrae Antiquae Revista de Arqueología e Historia*. Madrid: Térrea Antiquae, 2007.



La policromía en la escultura en piedra continuó en la época romana aunque quedan muy pocos restos “La mayoría de esculturas egipcias, Griegas y Romanas eran originariamente policromadas”<sup>303</sup>



Fig. 375 . Ringstone with an artist painting a sculpture. Carnelian, Imperial, 1st–2nd century A.C. Roman. Gift of John Taylor Johnston, Metropolitan Museum of Art, New York (81.6.48). Fotografía.<sup>304</sup>



Fig.376 . Cabeza de Zeus. Tallada en mármol pentélico, altura 38 cm. Época romana; siglo III a. d. C. Museo arqueológico, Cirene. Se observan restos de color en los ojos y pelo. Fotografía<sup>305</sup>.

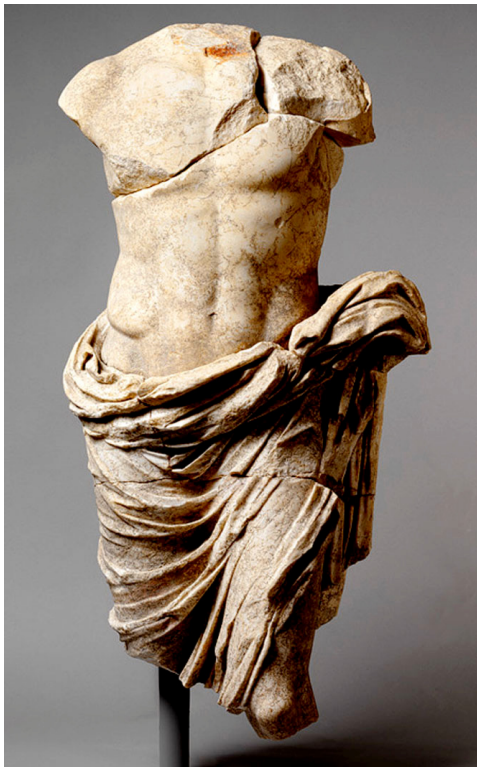


Fig.377. Escultura de un miembro de la familia imperial y detalle de franja púrpura sobre el paño. Augusto o Julio Claudio, 27 a. C- 68 d.C. Romano. Mármol, pigmento y dorado. Altura 1168cm. The Metropolitan Museum or Art, New York. (2003.407.9). Fotografía<sup>306</sup>

<http://terraeantiquae.blogia.com/2007/013101-el-museo-nacional-de-arqueologia-de-atenas-presenta-a-partir-de-hoy-una-exposici.php> [Consulta: 15 Julio 2008]

<sup>303</sup> BURNETT GROSSMAN, Janet. *Looking at Greek and Roman Sculpture in Stone: A guide to terms, styles, and techniques*. Los Ángeles (California): The J. Paul Getty Museum, 2003. p. 82

<sup>304</sup> Ringstone with an artist painting a sculpture [Roman] (81.6.48)". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000—. [http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod\\_81.6.48.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod_81.6.48.htm) (April 2007) [Consulta: Julio 2008]

<sup>305</sup> BAZIN, G. *Historia de la escultura mundial: Panorámica ilustrada de la Prehistoria a nuestros días*. Barcelona: Blume, 1972. p. 153.

<sup>306</sup> "Statue of a member of the imperial family shown in heroic semi-nudity [Roman] (2003.407.9)". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000—. [http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod\\_2003.407.9.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod_2003.407.9.htm) (April 2007) [Consulta: Julio 2008]



Los textos de historia del arte prácticamente no hacen referencia a la policromía romana, lo que cambia completamente nuestro concepto sobre las esculturas clásicas. “Cuando la escultura Romana en mármol fue redescubierta en el Renacimiento, emergió desde más de un milenio de enterramiento básicamente careciendo de su policromía antigua. La apariencia monocromática de estos trabajos dieron nacimiento a un nuevo, canon moderno de escultura caracterizado por el énfasis en la forma con poca consideración al color. En la antigüedad, sin embargo, la escultura Griega y Romana fue en origen ricamente embellecida con pintura a todo color, dorados, plateados e incrustaciones. Tal policromía, que fue esencial al significado y proximidad de tales obras, ha sido en gran parte perdida con el enterramiento y subsiste hoy en día solamente en una condición fragmentaria”<sup>307</sup>

Fig.378. Augusto de Prima Porta. Mármol. Primer cuarto del siglo I a. C. Museo Vaticano, Roma. Fotografía<sup>308</sup>



Fig.379. Reconstrucción de la policromía sobre copia en yeso de Augusto. Fot. Lars Kirkegaard<sup>309</sup>

<sup>307</sup> ABBE, Mark B. "Polychromy of Roman Marble Sculpture". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000–. [http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hd\\_prms.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hd_prms.htm) (April 2007)[Consulta: Julio 2008]

<sup>308</sup> DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From Antiquity to the Middle Ages. From the Eighth Century BC to the Fifteenth Century*. Vol. I. London (etc.): Taschen, 1999. p. 195.

<sup>309</sup> SANTOS FERNANDEZ, Jose Luís. “El museo Nacional de Arqueología de Atenas presenta a partir de hoy una exposición de réplicas de 21 estatuas policromadas de Dioses Griegos” [En línea]. Dioses en color, National Archeological Museum of Athens, Del 29 de enero al 25 de marzo de 2007. En *Terrae Antiquae Revista de Arqueología e Historia*. Madrid: Térrea Antiquae, 2007. <http://terraeantiquae.blogia.com/2007/013101-el-museo-nacional-de-arqueologia-de-atenas-presenta-a-partir-de-hoy-una-exposici.php> [Consulta: 15 Julio 2008]



En el retrato romano de mujer de la fotografía (fig. 380) se encontraron restos de policromía “Se conservan cantidades significativas de pigmento rojo en el pelo, labios, cejas y pestañas. El ojo derecho conserva en la pupila pigmento negro y pigmento rojo y amarillo en el iris. Toda la pintura conservada parece haber sido una infrapintura para la posterior pintura la cual fue aplicada en capas sucesivas en una técnica parecida a la *témpera*”<sup>310</sup> Este tipo de esculturas de retrato se asocian a un contexto funerario y estaban destinadas a interiores, quizá por esta razón han conservado restos del color.



Fig.380. Retrato de una mujer anciana. Final de la República o primer Imperio, Augusto, ca 40-20 a. C. altura 26 cm. Metropolitan Museum of Art,, New York(2000,38). Detalle del ojo derecho, donde se conservan más restos de color, iris, pestañas, pupila. Fotografías<sup>311</sup>



Fig.381. Seis cuencos de cerámica conteniendo pinturas coloreadas. Romanas, de manufactura egipcia, Siglo I d. C. Encontradas en la tumba de Hawara, Egipto. Los colores incluyen frita azul, rojo y ocre amarillo, rosado y blanco de óxido; que pertenecieron a un pintor de fresco. GR 1888.9-20.23-28 London. The British Museum. Fotografía A. Sánchez Davía.



<sup>310</sup> "Portrait head of an elderly woman [Roman] (2000.38)". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000—. [http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod\\_2000.38.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod_2000.38.htm) (April 2007) [Consulta: Julio 2008]

<sup>311</sup> "Portrait head of an elderly woman [Roman] (2000.38)". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000—. [http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod\\_2000.38.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod_2000.38.htm) (April 2007) [Consulta: Julio 2008]



Fig.382 .Cabeza fragmentada de una deidad vistiendo una tira Dionisiaca, Romana; copia de una obra griega del siglo II a.C. ca. 14-68 A.D.

Mármol, pigmento y dorado; Altura: (30.3cm) (1992.11.66)

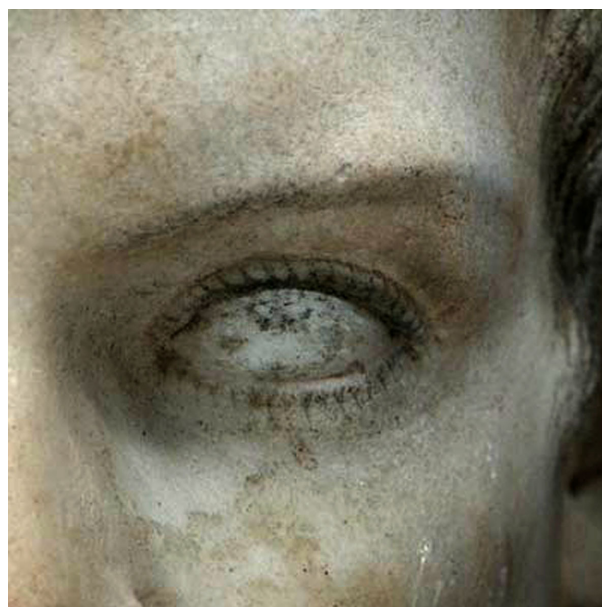
Fotografía<sup>312</sup>

Las aplicaciones de color en la época romana estuvieron influenciadas por las técnicas griegas. (fig. 382) "Esta cabeza es la única réplica de este tipo conocida por conservar evidencias de su policromía original. Las áreas de la piel conservan un fino, lustroso pulimento, un distintivo del alto acabado de factura romana. La cinta era pintada en rojo; el pelo era dorado sobre una base amarilla y después adornado con pintura roja; y los labios, ojos, cejas, y pestañas eran

todas localmente definidas con pintura roja. Los iris, pestañas, y cejas podían haber sido originalmente doradas, como según se evidencia en otros trabajos en mármol romanos. Estos restos de policromía antigua sugieren la brillante, a menudo suntuosa, apariencia de la escultura en la antigüedad."<sup>313</sup>

Sólo las esculturas originales son testigos de la magnificencia de color que debió presentar la escultura en aquella época, en la que además de policromía pictórica se realizaron esculturas policromas mediante ensamblaje de materiales diversos.

Fig.383. Detalle del ojo izquierdo. Mármol, con trazas de policromía o pintura original en la superficie. Emperador romano Calígula, 39-41 d.C. Copenhagen, Ny Carlsberg Glyptotek. Fotografía<sup>314</sup>



<sup>312</sup> "Fragmentary head of a deity wearing a Dionysiac fillet [Roman; copy of a Greek work of the 2nd century B.C.] (1992.11.66)". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000-. [http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod\\_1992.11.66.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod_1992.11.66.htm) (April 2007) [Consulta Julio 2008]

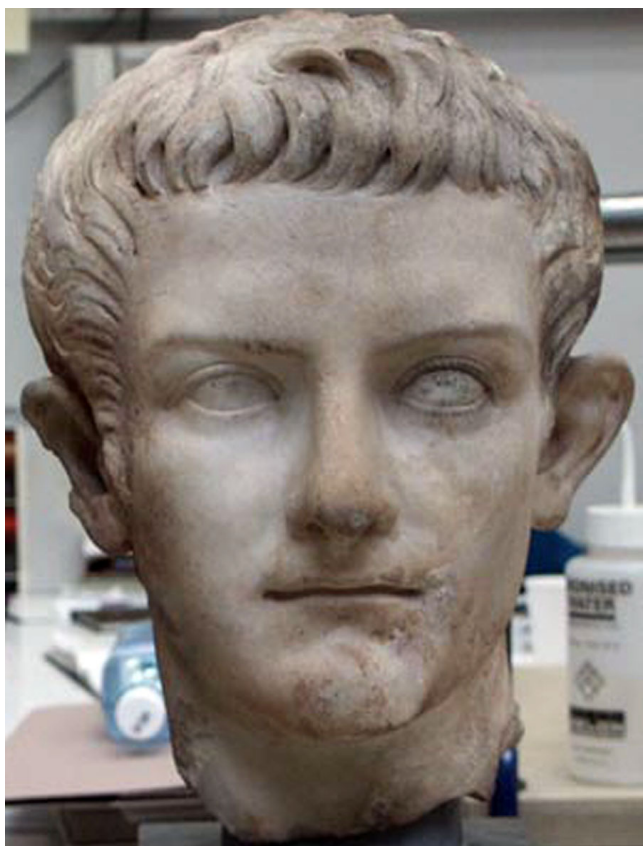
<sup>313</sup> "Fragmentary head of a deity wearing a Dionysiac fillet [Roman; copy of a Greek work of the 2nd century B.C.] (1992.11.66)". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000-. [http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod\\_1992.11.66.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod_1992.11.66.htm) (April 2007) [fecha de consulta Julio 2008]

<sup>314</sup> "Copying Caligula." *Conservation Technologies*. National Conservation Centre, National Museums of Liverpool. [<http://www.liverpoolmuseums.org.uk/conservation/technologies/casestudies/caligula/index.aspx>] [fecha de consulta 15 Julio 2008]



Existen muy pocas referencias en cuanto a la técnica y aplicación de la policromía en Roma. “*Descripciones de la estatuaria en la pintura mural romana proveen una indicación de su apariencia diversa en la antigüedad. Algunas esculturas de mármol eran completamente pintadas y doradas, ocultando eficazmente la superficie del mármol; otras tenían más limitada, selectiva policromía usada para enfatizar detalles como el pelo, ojos, y labios y atributos acompañantes*”<sup>315</sup>.

Fig.384. Retrato del emperador romano Calígula, 39-41 d.C. Mármol con trazas de policromía o pintura en la superficie. Copenhagen, Ny Carlsberg Glyptotek.<sup>316</sup>



La réplica del retrato de Calígula (fig. 385) se realizó en mármol, tomando los datos de la cabeza original mediante Escaneado láser 3D sin contacto con el original para no dañar los restos de policromía de su superficie (ver apartado II.2.2.3 Pantógrafo).

Fig.385. Réplica de la cabeza policromada, estudiada en el Doerner Institute, Munich y reconstruida según los resultados de los análisis pigmentarios. Image copyright of Ny Carlsberg Glyptotek. Fotografía<sup>317</sup>



<sup>315</sup> ABBE, Mark B. "Polychromy of Roman Marble Sculpture". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000–. [http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hd\\_prms.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hd_prms.htm) (April 2007) [Consulta: Julio 2008]

<sup>316</sup> “Copying Caligula.” *Conservation Technologies*. National Conservation Centre, National Museums of Liverpool. [<http://www.liverpoolmuseums.org.uk/conservation/technologies/casestudies/caligula/index.aspx>] [fecha de consulta 15 Julio 2008]

<sup>317</sup> “Copying Caligula.” *Conservation Technologies*. National Conservation Centre, National Museums of Liverpool. [<http://www.liverpoolmuseums.org.uk/conservation/technologies/casestudies/caligula/index.aspx>] [fecha de consulta 15 Julio 2008]



Fig.386. Cartonnage mask. Época romana, con representación en estilo clásico y joyas. The British Museum, London. Fotografía A. Sánchez Davía.



Sin embargo la policromía original fue mucho más rica en matices que la presentada en las reconstrucciones.

*“Artistas romanos usaron una amplia gama de pigmentos, medios de pintura, y aplicaciones superficiales para embellecer las esculturas de mármol. Autores antiguos, especialmente Plinio el viejo y Vitrubio, proporcionan importante información sobre estos materiales y expresan gran admiración por la técnica virtuosa de los escultores contemporáneos que desarrollaron el refinamiento técnico sin precedentes en la antigüedad clásica. El mármol blanco por si mismo era apreciado por su brillante translucidez, habilidad para tomar finos detalles esculpidos, e impecable uniformidad. Un enorme surtido de mármoles coloreados y otras piedras eran también extraídos durante todo el mundo romano para crear numerosas estatuas de color a menudo de deslumbrante apariencia”<sup>318</sup>*

---

<sup>318</sup> ABBE, Mark B. "Polychromy of Roman Marble Sculpture". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000–. [http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hd\\_prms.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hd_prms.htm) (April 2007) [Consulta: Julio 2008]



Roma continuó con la herencia estilística griega y conservaron materiales y procedimientos de aplicación. Utilizaron técnicas magras a la témpera, pero también siguieron aplicando cera encáustica como muestran los excepcionales retratos de el Fayum (fig. 387) *“Toda la coloración es obtenida del blanco, amarillo, rojo y negro, con la adición de verde solamente para las esmeraldas”*<sup>319</sup>

*Fig.387. Mujer, encáustica sobre madera de tilo, Periodo Romano hacia 160-170 d.C. Probablemente de er Rubayat. The British Museum, London. EA 65346. Fotografía A. Sánchez Davía.*

---

<sup>319</sup> DOXIADIS, Euphrosyne. *The Mysterious Fayum Portraits: Faces from Ancient Egypt*. London: Thames and Hudson, 1995. p. 27



### **I.1.3 ÉPOCA MEDIEVAL. LOS COLORES Y LA ESCULTURA EN ÉL GÓTICO Y ROMÁNICO.**

La época medieval en Europa es, junto con la época griega y egipcia, una de las más florecientes y representativas en cuanto a policromía sobre escultura en piedra. Asimismo es preludio de la exquisita policromía sobre madera de época Barroca.

Estas esculturas policromadas en piedra muestran un sentido estético y técnico propio de la época y la combinación e interacción del color sobre el volumen escultórico. Actualmente cuesta imaginar que las catedrales e iglesias de esta época fueran concebidas originariamente con color.



*Fig.388. Arriba. Portada de acceso al claustro, Catedral de Segovia. Diseñada por Juan Guas en 1483, en 1486 Sebastián de Almonacid realiza la imaginería en piedra caliza de las canteras de Casla (Segovia). Fotografía A. Sánchez Davía.*

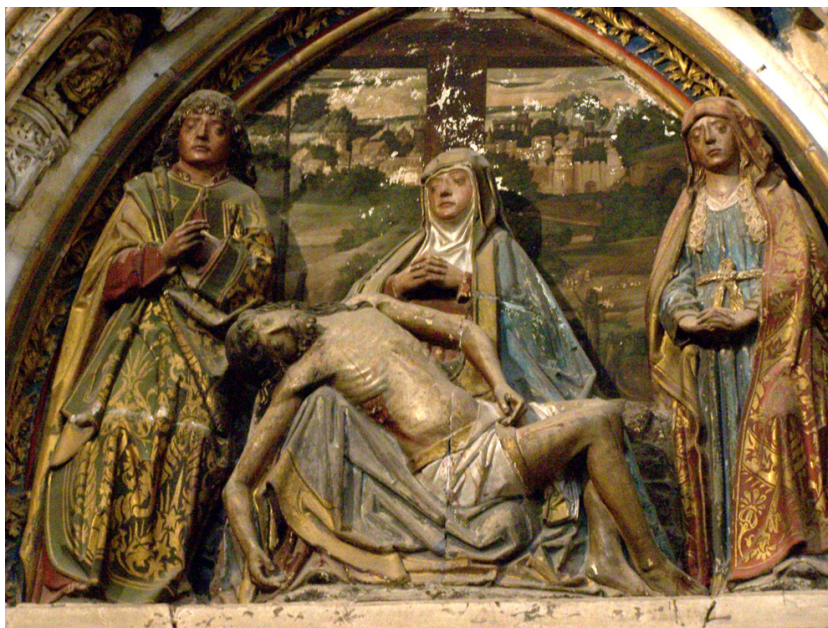


*Fig. 389. Parte posterior de la portada de acceso al claustro, finales del siglo XV. Catedral de Segovia. Blanqueado y con rostros y manos de color. Fotografía A. Sánchez Davía.*



*Fig.390 .Detalle del tímpano de la portada de acceso al Claustro. Imaginería de Sebastián de Almonacid,1486. Catedral de Segovia. Fotografía A. Sánchez Davía.*

Sólo se han conservado en buen estado las policromías en interiores, ya que en exteriores y debido a su exposición a la intemperie únicamente quedan vestigios de lo que en su día fue una importante policromía.



*“Todo indica claramente que la composición cromática de la fachada de Nuestra Dama de París no se confinaba de ninguna manera únicamente a los tres pórticos, sino que se extendía también sobre los principales motivos arquitectónicos lo que le daban un ritmo ascendente, éstos se destacaban con colores especialmente vivos, lo que debió dar otra dimensión a la percepción de esta catedral desde la plaza.”*<sup>320</sup>

La labor de restauración y conservación de estas piezas es muy importante y en algunos casos posibilitan cambios espectaculares como los que se aprecia en la fotografía (fig. 391) en los que debajo de una capa monocroma se ocultaba una rica policromía.

*Fig.391. Lausanne Cathédrale, cabeza de Moisés en curso de liberación. Pórtico gótico pintado en proceso de restauración. Fotografía*<sup>321</sup>.

<sup>320</sup> VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Dirs.) *“La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques.”* [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. Paris : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002. p. 128.

<sup>321</sup> VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Dirs.) *“La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques.”* [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. Paris : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002 p. 34.

El uso del color en la época medieval estaba fuertemente influido por creencias culturales, ideológicas y religiosas, lo que les impedía realizar mezclas de colores.

*“El cuarto conjunto de términos corresponde a la pureza de los colores. Colores puros: color puro, color sincero. Pureza es igual a sinceridad. Lo dije anteriormente y lo repito: la cultura medieval tiene fobia de las mezclas. Pues en cuanto a pigmento y tinte, es raro que dos colores estén mezclados para hacer un tercero. Eso será más frecuente a partir del siglo XV y sobre todo a principios de la época flamante, en general dos colores no se mezclan en un recipiente para hacer un tercero. [...]. Ningún tintorero mezclará por tanto el azul y amarillo para fabricar el verde”<sup>322</sup>*

La disponibilidad de pigmentos en algunos casos restringía su paleta cromática pero no limitaba el cromatismo y energía de sus policromías. *“[...] hay realmente seis colores básicos en las sociedades de los tiempos que estudiamos: blanco, rojo, negro, verde, amarillo, azul. [...] para la sensibilidad medieval, los contrastes son diferentes de lo que lo son para nosotros. A veces, vemos contraste muy fuerte donde para el ojo medieval era poco. [...] Pongo un ejemplo: yuxtaponer el verde y el rojo, para nosotros es un fuerte contraste, ya que se trata de un color primario y de su complementario, es una pareja de contrarios. Para la sensibilidad medieval la yuxtaposición del rojo y del verde, los cuales por otra parte son colores vecinos en la escala lineal de colores, producen un contraste moderado.”<sup>323</sup>*



*Fig.392. Izquierda. Catedral de Notre-Dame, París. Fragmento. Musée National du Moyen Age. Se observan los vivos colores aplicados sobre la piedra tallada con motivos vegetales. Fotografía<sup>324</sup>*



*Fig.393.Derecha. Catherine and the Avenging Angel. Piedra pintada y dorada. St. Catherine altura aprox. 91,5cm., Angel altura aprox. 53,5 cm. The Beauchamp Chappel in the Collegiate Church of St. Mary, Warwick. Fotografía<sup>325</sup>*

<sup>322</sup> VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Dirs.) *“La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques.”* [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. Paris : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002. p. 21.

<sup>323</sup> VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Dirs.) *“La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques.”* [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. Paris : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002. pp.22-23.

<sup>324</sup> VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Dirs.) *“La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques.”* [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. Paris : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002. p.80.

<sup>325</sup> MARKS, Richard; Paul WILLIAMSON. *Gothic: Art for England 1400-1547*. London: V&A Publications, 2003. p. 225.



Sin embargo en ocasiones las policromías originales en piedra han sido seriamente dañadas al realizarse restauraciones fallidas o repintes en los que se superpusieron técnicas incompatibles, por ejemplo, por la aplicación de productos poco permeables como la caseína o la goma laca, los cuales pueden fácilmente originar el desprendimiento de la capa de pintura. También por la aplicación de fluosilicatos y silicatos alcalinos que produjeron la decoloración de pigmentos, especialmente azules y verdes.<sup>326</sup>

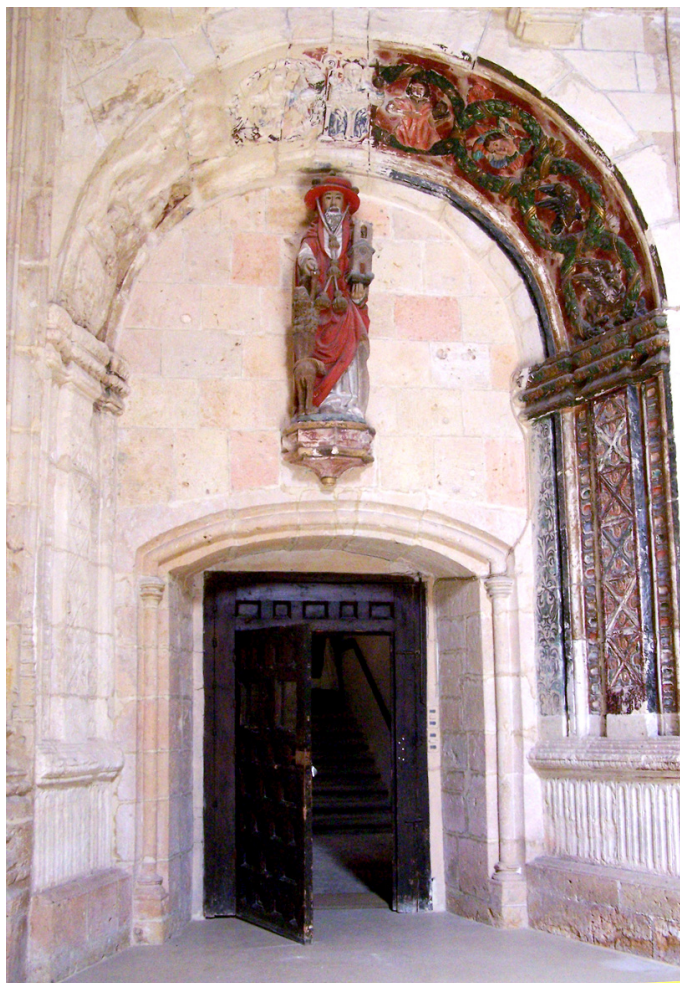
En algunos casos el empeño en limpiar la piedra prevalecía ante los restos de policromía. En la restauración de la capilla de la sacristía y de la portada plateresca de piedra del Monasterio del Parral (Segovia), influyeron los gustos de la época y criterios radicales al eliminarse completamente la policromía que la recubría. De lo cual queda un reducido testigo en la parte derecha de la portada, la cual se encuentra además dañada por la entrada de agua durante años por su parte superior izquierda (fig. 395)

*“En torno a 1500 fue construida la estupenda sacristía gótica [...] La mala restauración de 1965 picó el enfoscado de las paredes, limpió las bóvedas de la decoración floral barroca y, por un descuido de los albañiles, destruyó el marco de yeso – situado a mano izquierda y en lo alto según se entraba- que contuvo la célebre tabla de la escuela de Van Eyck.”<sup>327</sup>*

Fig.394. Derecha. Arco interior de la portada de la Sacristía del Monasterio de Santa María del Parral, Segovia. Piedra policromada de la cantera del Parral (Segovia). Fotografía A. Sánchez Davía.



Fig.395. Arriba. Policromía desaparecida que en su día decoraba la bóveda de la sacristía. Fotografía archivo fotográfico del Monasterio Del Parral (Segovia). Fotografía A. Sánchez Davía.



<sup>326</sup> A VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Dirs.) *“La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques.”* [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. Paris : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002. p. 63

<sup>327</sup> RUIZ, J. Antonio. *El Monasterio de Santa María de El Parral*. Madrid (etc.): Everest, 1986. pp. 37- 38.





Fig. 396. Piedra policromada. Detalle de la parte derecha del intradós de la portada de acceso a la Sacristía del Monasterio del Parral, Segovia. Se observa un bajo relieve adornado con vivos colores de época barroca. Fotografía A. Sánchez Davía.



Fig. 397. Derecha. Imagen de San Jerónimo, piedra policromada. Tímpano de la portada de la Sacristía, Finales del siglo XV. Monasterio del Parral, Segovia. Fotografía A. Sánchez Davía.



En la época medieval el uso del color estaba condicionado y limitado por prejuicios morales de la sociedad. El color se utilizaba principalmente para enfatizar el mensaje religioso, aportando mensajes simbólicos, psicológicos, didácticos y morales dirigidos a los fieles. Michel Pastoureau indica, “*Las cuestiones de moralidad del color y los debates entre escultores y pintores, diseños y colores, se plantean diferentemente en función de las épocas. En los siglos XII y XIII, no se planteaban mientras que al final de la Edad Media, se comienzan a considerar los colores como algo demasiado seductor, engañoso, que obstruye la mirada. En el XVI, la Reforma protestante jugó un enorme papel en las cuestiones morales del color, [...] Los cistercienses ven en el color una vanidad, que obstruye el contacto entre el hombre y la mujer de aquí abajo y el mundo del altísimo, el contacto con Dios*”<sup>328</sup>

Fig.398. Virgen con el niño. Piedra caliza, pintada y dorada. Francesa (Ile-de-France); Hacia el año 1340-50. Victoria & Albert Museum. London. A.98-1911. Fotografía A. Sánchez Davía.

<sup>328</sup> A VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Dirs.) “*La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques.*” [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. Paris : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002. p. 275.



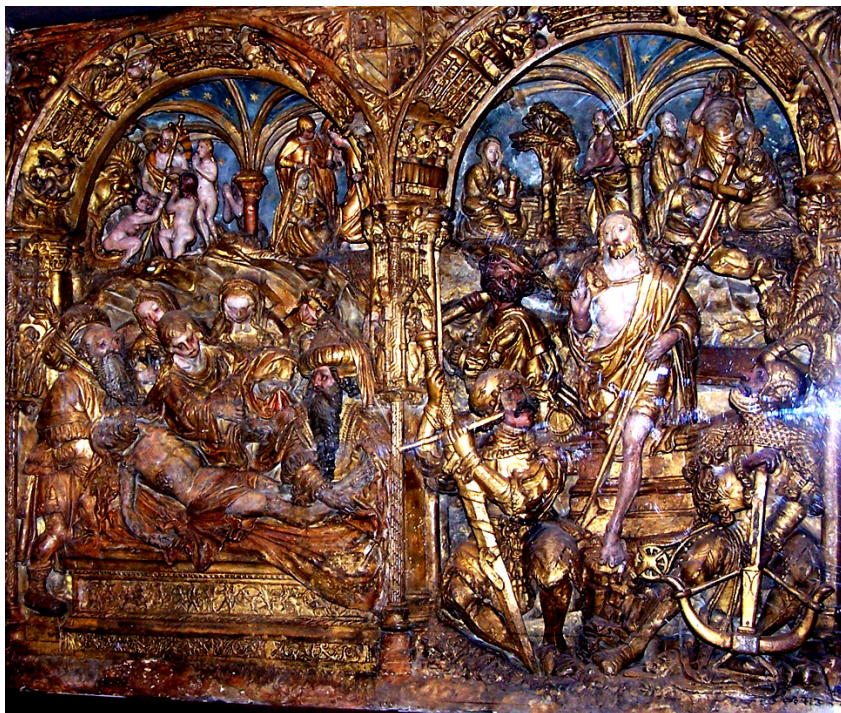


Fig. 399 y 400. Pieza de altar de la Anunciación y pasión de Cristo. Piedra caliza policromada y dorada. Francesa (Troyes), Hacia 1525. Victoria & Albert Museum. London. Fotografía A. Sánchez Davía.



En cuanto a los aparejos e imprimaciones que se utilizaron los análisis no siempre son precisos debido a migraciones entre capas. Por ejemplo las preparaciones de la mayoría de pórticos franceses se realizaron a base de cerusa o blanco de plomo y carbonato de calcio, que se aplicaba en dos capas, en las que la segunda a menudo se coloreaba con ocre amarillo. En las capas pictóricas de estos pórticos de piedra policromada también se registró la presencia de cola animal, aceite, caseína, y yema de huevo en emulsión con aceite, también el aceite mezclado con una resina, mientras que las hojas de oro se adhirieron con mixtión compuesto por la mezcla de resina y cera o de aceite sobre una capa roja.<sup>329</sup>

Fig.401. Angel Pilaster (detail) piedra arenisca policromada; ca. 1230 Strasbourg Catedral. Fotografía<sup>330</sup>.

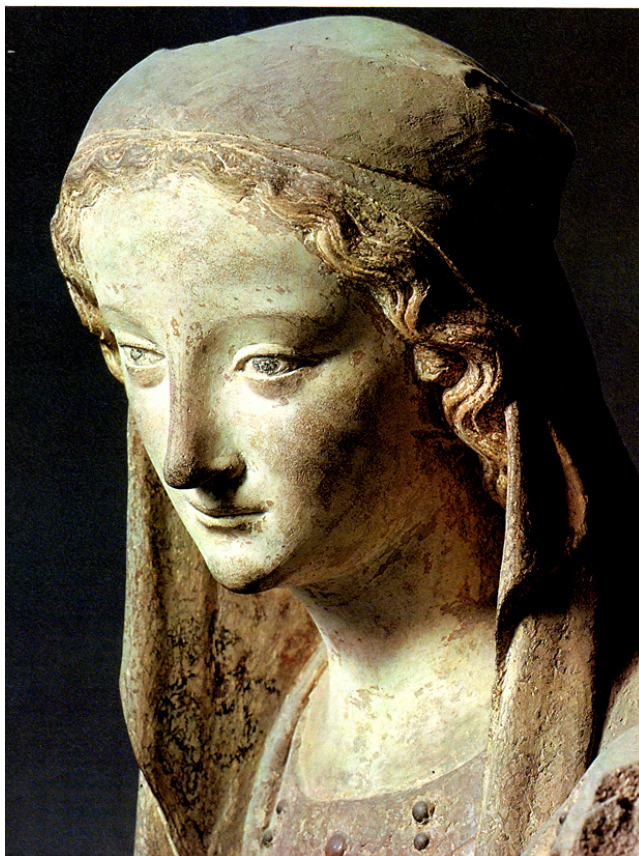
<sup>329</sup> A VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Dirs.) “La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques.” [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. Paris : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002. p. 78-80.

<sup>330</sup> HIBBARD, Howard. *Masterpieces of Western Sculpture: From Medieval to Modern*. 2ª Ed. New Jersey: Chartwell Books, 1966. Fig. 27.



*Fig.402. Vierge de la Celle, detalle. Cerca del 1320. Piedra policromada. París, Musée du Louvre. Fotografía<sup>331</sup>*

Los principales colores que manejaron en estas épocas eran el negro, rojo vivo, amarillo y ocre, verde, blancos y pocas veces azules. Utilizaban pigmentos puros y en algunos casos con mezclas simples para obtener matices especiales de un tono principal. Por ejemplo para aclarar tonos de las carnaciones mezclaban blanco de plomo con (bermellón, ocre rojo), mezclas de distintos tonos de rojos (minio, bermellón, ocre...), verdes (azurita, malaquita), amarillos (ocres, amarillo, masicote) negro de carbón de madera con azurita, etc. Sin embargo al no poder realizar mezclas complejas de color, recurrían al empleo de veladuras, mediante esa técnica matizaban el color de base, utilizando otro tono distinto superpuesto y transparente (azurita sobre negro, azul ultramar (lapislázuli) sobre azul ultramar claro, laca roja sobre minio o bermellón, o resinato de cobre sobre malaquita<sup>332</sup>.



*Fig. 403. Donatello, tabernáculo Cavalcanti con la escena de la anunciación, detalle, 1428-1433, arenisca con dorado, 420 cm, Florencia, Santa Croce.<sup>333</sup> Fotografía, Achim Bednorz.*

<sup>331</sup> RENE GABORIT, Jean. *Great Gothic Sculpture*. Milano: Reynal and Company. Arnoldo Mondarori Editore, 1978. (Reynal's World History of Great Sculpture). Fig. 49.

<sup>332</sup> A VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Dir.) "La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques." [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. Paris : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002. p.p. 78-80

<sup>333</sup> UWE GEESE. *Sculpture. Romanesque, Gothic, Renaissance, Baroque. Escultura: Renacimiento, Barroco, Románico, Gótico*. Berlín: Feierabend Verlag OHG, 2004. p. 385.





Fig.404 . Virgen del Pilar. Anónimo. Piedra policromada 79x24x17cms. Gótica, primera mitad del siglo XV. Catedral Nueva de Salamanca. Fotografía<sup>334</sup>

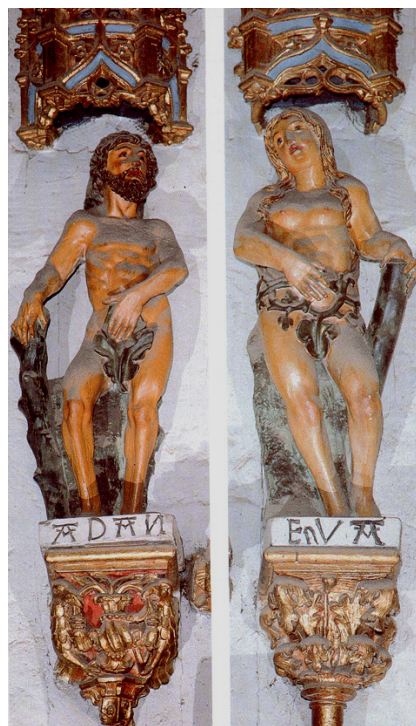


Fig.405. Arriba. Adán y Eva. Piedra policromada. Altura 93 cms. Capilla de Todos los Santos de la Catedral Nueva de Salamanca conocida como 'Capilla Dorada'. Anónimo (tercer decenio del siglo XVI). Fotografía<sup>335</sup>



La industria del alabastro fue importante en la época medieval en Inglaterra, y exportaban esculturas policromadas a toda Europa (fig. 406). En ellas se aprovechaba la transparencia del alabastro utilizando una imprimación para sellar la piedra y un medio aglutinante como el aceite y huevo.<sup>336</sup>

Fig. 406. La Natividad, hacia 1470-90. Inglaterra, Alabastro pintado con dorados y decoración de gesso. Museum no. A.94-1946. Victoria & Albert Museum. London. Fotografía A. Sánchez Davía.

<sup>334</sup> Las edades del hombre: El arte en la iglesia de Castilla y León. El Norte de Castilla, [s.l.: s.n] ca.1990?. p. 115

<sup>335</sup> Las edades del hombre: El arte en la iglesia de Castilla y León. El Norte de Castilla, [s.l.: s.n] ca.1990?.. p. 18.

<sup>336</sup> BOLDRICK, Stacy; David PARK; Paul WILLIAMSON. *Wonder painted Sculpture from Medieval England*. [3<sup>rd</sup> October 2002 – 5<sup>th</sup> January 2003]. Leeds (Great Britain): Henry Moore Institute, 2002. p.35-39



Fig.407 .Nuestra Señora de la Majestad o “Virgen de la Calva”. Anónimo. Piedra arenisca policromada, 165x162x73cms. Retablo de la Capilla del Evangelio. Catedral de Zamora. Finales del siglo XIII o principios del XIV. Fotografía<sup>337</sup>



Fig. 407. “La hermosa policromía del siglo XVI contribuye a acentuar la impresión de frescura y naturalismo. Semejanzas con los grupos de la Anunciación de la colegiata de Toro, y de santa María del Azoque en Benavente y unas esculturas de la iglesia parroquial de Hiniesta, todo ello indica la presencia en Zamora de un escultor en piedra con estilo original y dominio de la técnica [...]. Su policromía actual data del siglo XVI realizada por los pintores de Zamora Juan de Durana y Alonso de Remesal, y con los plateros Antonio Rodríguez y Andrés Gil, en el año 1586.”<sup>338</sup>



Fig.408. Derecha. Figuras de reyes en el pilar angular nor-occidental. Claustro de la Catedral de Burgos. Hacia el 1265-70.<sup>339</sup> Fotografía, Achim Bednorz.

<sup>337</sup> *Las edades del hombre: El arte en la iglesia de Castilla y León.* El Norte de Castilla, [s.l.: s.n] ca.1990?. p. 109

<sup>338</sup> *Las edades del hombre: El arte en la iglesia de Castilla y León.* El Norte de Castilla, [s.l.: s.n] ca.1990?. p. 109

<sup>339</sup> UWE GEESE. *Sculpture. Romanesque, Gothic, Renaissance, Baroque. Escultura: Renacimiento, Barroco, Románico, Gótico.* Berlín: Feierabend Verlag OHG, 2004. p. 331.



Esculturas realizadas en piedra caliza policromada, que evocan el misterio de la Anunciación, colocadas a ambos lados de las jambas de la entrada a una Capilla Gótica en el claustro principal del Monasterio del Parral, Segovia (figs. 406 a 408).



*Fig.409 . Escultura que representa al Ángel en el misterio de la Anunciación en piedra caliza policromada. La figura está decapitada y con policromía restaurada. Colocada en la jamba izquierda. Claustro principal del Monasterio del Parral (Segovia). Fotografía A. Sánchez Davía.*



*Fig.410. Escultura que representa a la Virgen en el misterio de la Anunciación en piedra caliza policromada. Policromía original. Figura colocada en la jamba derecha. Claustro principal del Monasterio del Parral (Segovia). Fotografía A. Sánchez Davía.*



*Fig.411. Detalle de la cabeza de la Virgen.*



Las policromías de época románica también estaban revestidas con vivos y contrastados colores. En la policromía sobre piedra se empleaban técnicas magras como temple y la cal, pero también se utilizaban técnicas grasas al aceite de lino prelude de la pintura al óleo (fig. 412).<sup>340</sup>



*Fig.412. Apóstoles. Piedra policromada. Autor Maestro Mateo. Pórtico de la Gloria de la Catedral de Santiago de Compostela. 1188. Fotografía<sup>341</sup>.*



Iglesia de Nuestra Señora del Rosario Castroserna de Arriba, (Segovia) (fig. 413), templo de origen románico, época de la que conserva la portada lobulada adornada con rosetones de cuatro pétalos que conserva parte de los vivos colores con que fue pintada. Arquivolta exterior en zigzag y moldura de taqueado.

*Fig.413. Portada en piedra policromada en ocre amarillo y rojo óxido. Sirve de entrada a la iglesia de Ntra. Sra. Del Rosario, Castroserna de Arriba, Segovia. Fotografía A. Sánchez Davía.*

<sup>340</sup> Enrique PARRA GRECO. [Consulta personal]. Punto concedido en entrevista telefónica a D. Enrique Parra. Laboratorio de análisis para la Restauración y Conservación de obras de arte. Villanueva de la Cañada. Madrid.

<sup>341</sup> HIBBARD, Howard. *Masterpieces of Western Sculpture: From Medieval to Modern*. 2ª Ed. New Jersey: Chartwell Books, 1966. Fig. 16.



La portada románica de entrada a la Ermita de Ntra. Sra. de las Vegas presenta un bonito ejemplo de policromía (fig. 414). Con cuatro arcos superpuestos, moldura ajedrezada y ornamentaciones vegetales muestra una policromada en tonos predominantemente ocre y rojos. La existencia de un atrio cubierto protege la policromía de la intemperie.



*Fig. 414. Portada de entrada en piedra policromada construida entre los siglos XII y XIII, Románico. Ermita de Nuestra Señora de Las Vegas, Santiuste de Pedraza (Requijada) Segovia. Fotografía A. Sánchez Davía.*



*Fig. 416. Arriba. Detalle de imposta en forma de retrato, con restos de color negro en el ojo y rojo en la mejilla. Iglesia de San Miguel Sotosalbos (Segovia) templo románico aprox. S. XIII, Fotografía A. Sánchez Davía.*



*Fig. 415. Derecha. Detalle del tímpano de la portada de la Iglesia de San Justo (Segovia). Piedra con policromía románica del siglo XII. Fot. A. Sánchez Davía.*





Fig. 417. Tímpano de puerta con restos de policromía. Iglesia de San Justo (Segovia). En el arco se observan temas geométricos y bocel ajedrezado, en el tímpano decoración escultórica con policromía románica del siglo XII. Fot. A. Sánchez Davía.



Fig.418 y 419. Portada de entrada a la Iglesia de Muñoveros (Segovia), de época románica con tres arquivoltas la intermedia adornada con bustos policromados y la exterior en zigzag. Fotografías, A. Sánchez Davía.



## Policromías en escultura en piedra restauradas

Las restauraciones de escultura policromada en piedra son muy numerosas, como referencia a continuación se indican algunas de esas piezas restauradas.

### Portada de la Majestad de Toro (Zamora)

La restauración de la Portada de la Majestad de la Colegiata de Santa María la Mayor de Toro (Zamora) reveló que conservaba aproximadamente el ochenta por ciento de la policromía original de época medieval que se encontraba oculta por estuco, pan de oro y numerosos repintes de otras épocas (fig. 423).

La portada es del siglo XII (aproximadamente 1230) de autor anónimo, labrada en piedra arenisca de Aldeanueva, mientras que la policromía original es del siglo XIII.

*“[...] la policromía no era una mera envoltura de carácter adjetivo sino un complemento necesario y natural. Estaba ordenada a realzar las apariencias del conjunto con su variedad cromática, a prestar viveza y verismo a la escultura y a destacar detalles anatómicos o de la indumentaria apenas sugeridos o no ejecutados por los entalladores. Porque contaban con ella, éstos a veces se ahorraban trabajo en los acabados, según hemos verificado”.*<sup>342</sup>



Fig. 420 y 421. Detalle. Piedra arenisca policromada. Restauración y recuperación de la policromía original. Fotografía<sup>343</sup>

En los análisis efectuados detectaron una capa de imprimación o selladora de cola irregularmente repartida sobre la piedra. El aglutinante de la policromía posterior fue el aceite de linaza puro, el cual además se filtró en la preparación gelatinosa.<sup>344</sup>

En algunas zonas se emplearon técnicas de pintura magras *“[...] pintura gótica de la anunciación sobre las impostas de la puerta, ejecutada al fresco seco, previa una sutil película de*

<sup>342</sup> NAVARRO TALEGÓN, José; et al. *Restauración de la Portada de la Majestad de la Colegiata de Santa María la Mayor de Toro: Toro, 8 de Junio de 1996*. [Madrid]: Junta de Castilla y León. The Samuel H. Kress Foundation. Ediciones el Viso, 1996. p. 55.

<sup>343</sup> NAVARRO TALEGÓN, José; et al. *Restauración de la Portada de la Majestad de la Colegiata de Santa María la Mayor de Toro: Toro, 8 de Junio de 1996*. [Madrid]: Junta de Castilla y León. The Samuel H. Kress Foundation. Ediciones el Viso, 1996. p. 91.

<sup>344</sup> NAVARRO TALEGÓN, José; et al. *Restauración de la Portada de la Majestad de la Colegiata de Santa María la Mayor de Toro: Toro, 8 de Junio de 1996*. [Madrid]: Junta de Castilla y León. The Samuel H. Kress Foundation. Ediciones el Viso, 1996. p.p. 84-85.



cal, en la que penetraron los dibujos y de ahí que se hayan mantenido, perdiéndose casi todo el color aplicado al temple”<sup>345</sup>.

Asimismo identificaron en la policromía original los siguientes pigmentos “[...] blanco de plomo, sulfato de calcio, oropimente, azurita, añil, verde inorgánico sintético, óxidos de hierro (naturales y tostados) minio (rojo de plomo), bermellón, negro de carbón.”<sup>346</sup>



Fig.422. Detalle de un ángel después de la restauración. Fotografía<sup>347</sup>

Los principales problemas de conservación detectados en esta portada estaban ocasionados por ascensión capilar de la humedad, agua de lluvia y por ennegrecimiento a causa del humo de incendios.<sup>348</sup>

Fig. 423. Portada de la Majestad después de la restauración. Fotografía.<sup>349</sup>

<sup>345</sup> NAVARRO TALEGÓN, José; et al. *Restauración de la Portada de la Majestad de la Colegiata de Santa María la Mayor de Toro: Toro, 8 de Junio de 1996*. [Madrid]: Junta de Castilla y León. The Samuel H. Kress Foundation. Ediciones el Viso, 1996. p. 56.

<sup>346</sup> NAVARRO TALEGÓN, José; et al. *Restauración de la Portada de la Majestad de la Colegiata de Santa María la Mayor de Toro: Toro, 8 de Junio de 1996*. [Madrid]: Junta de Castilla y León. The Samuel H. Kress Foundation. Ediciones el Viso, 1996. p. 85.

<sup>347</sup> NAVARRO TALEGÓN, José; et al. *Restauración de la Portada de la Majestad de la Colegiata de Santa María la Mayor de Toro: Toro, 8 de Junio de 1996*. [Madrid]: Junta de Castilla y León. The Samuel H. Kress Foundation. Ediciones el Viso, 1996. p. 73.

<sup>348</sup> NAVARRO TALEGÓN, José; et al. *Restauración de la Portada de la Majestad de la Colegiata de Santa María la Mayor de Toro: Toro, 8 de Junio de 1996*. [Madrid]: Junta de Castilla y León. The Samuel H. Kress Foundation. Ediciones el Viso, 1996. P 88.

<sup>349</sup> NAVARRO TALEGÓN, José; et al. *Restauración de la Portada de la Majestad de la Colegiata de Santa María la Mayor de Toro: Toro, 8 de Junio de 1996*. [Madrid]: Junta de Castilla y León. The Samuel H. Kress Foundation. Ediciones el Viso, 1996. p. 63.



En la restauración y consolidación de la policromía emplearon diversos productos como: Paraloid B-72 (del 3 al 5% en tolueno), resina acrílica Lascaux P-750 (del 3 al 7% en agua), también la emulsión acrílica Plextol B-500 (del 5 al 7% en agua). Los fragmentos fueron pegados con resina de poliéster, polvo de mármol y pigmento para imitar el color adecuado de la piedra. Para las reintegraciones volumétricas utilizaron mortero de cal y arena. Como protección final se empleó Paraloid B-72 disuelto en Tolueno (porcentaje inferior al 5%)<sup>350</sup>. Es importante conocer estos datos ya que estos productos son susceptibles de ser utilizados en la policromía de piedra (ver Capítulo II, tratamientos superficiales al silicato).



*Figs. 424 y 425. Portada de la Majestad después de la restauración. Fotografía<sup>351</sup>*



La iglesia de San Pedro en Vitoria conserva importantes restos de policromía sobre piedra caliza de Alava (fig. 424). En uno de los pórticos y bajo numerosos repintes se localizó la primera policromía que data del siglo XIV o XV.

*“[...] realizada al aceite, a base de veladuras y transparencias de tonos suaves. Los colores encontrados son el azul de azurita, añil, varios colores de la gama de tierras, rojos a base de bermellón y laca carmín, laca a base de verde de cobre sobre oro, de plata cubierto de veladuras, negro, etc. Todo ello sobre una capa de cola de origen animal y sobre un apresto blanco compuesto por cerusa, carbonato de calcio y aceite secante.”<sup>352</sup>*

<sup>350</sup> NAVARRO TALEGÓN, José; et al. *Restauración de la Portada de la Majestad de la Colegiata de Santa María la Mayor de Toro: Toro, 8 de Junio de 1996*. [Madrid]: Junta de Castilla y León. The Samuel H. Kress Foundation. Ediciones el Viso, 1996. pp. 94-98.

<sup>351</sup> NAVARRO TALEGÓN, José; et al. *Restauración de la Portada de la Majestad de la Colegiata de Santa María la Mayor de Toro: Toro, 8 de Junio de 1996*. [Madrid]: Junta de Castilla y León. The Samuel H. Kress Foundation. Ediciones el Viso, 1996. p. 80.

<sup>352</sup> VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Dirs.) “*La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques*.” [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. París : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002. p. 144





Fig. 424. Vista de los apóstoles, antes y después de la restauración. Pórtico de la Iglesia de San Pedro. Vitoria. Fotografía<sup>353</sup>

El frontal de San Ildefonso es una pieza restaurada en 1991 (fig. 425), cuyo informe de restauración indica que *“La capa de preparación es blanca y está compuesta por sulfato de plomo y en la policromía hay abundancia de blanco de plomo (carbonato básico de plomo) en carnaciones y bajo el dorado de los castillos; [...] Policromía: Combina temple grasos con temple proteínicos y dorado al agua. Pulverulenta en las zonas más afectadas por la acción de la humedad.”*<sup>354</sup>



Fig. 425. Detalle central del Frontal de San Ildefonso, piedra arenisca policromada al temple. 211.5 x 98.5 x 25 cm. Iglesia de San Pedro y San Ildefonso, Zamora. Anónimo, atribuido a talleres Carrionenses. N° Reg. 68. Tercer cuarto del siglo XIII. Fotografía Jerónimo Cendoya<sup>355</sup>

<sup>353</sup> VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Dirs.) *“La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques.”* [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. Paris : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002. p. 142.

<sup>354</sup> PEREZ DE ANDRÉS, Carmen (Coord.). *Catálogo de obras restauradas 1988-1994. Centro de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Castilla y León*. Valladolid: Junta de Castilla y León, 1996. pp. 126-127

<sup>355</sup> PEREZ DE ANDRÉS, Carmen (Coord.). *Catálogo de obras restauradas 1988-1994. Centro de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Castilla y León*. Valladolid: Junta de Castilla y León, 1996. p. 127.



El retablo mayor del Monasterio de Santa María de El Pualar (Rascafría, Madrid), conserva importantes policromías sobre escultura en alabastro (figs. 426 y 427). La restauración se llevó a cabo en el año 2005 y se informó sobre varias re-policromías y retoques que se habían ido sucediendo a lo largo de los años. La policromía de estas piezas presenta transparencias de color, sobre todo con el empleo de lacas aplicadas directamente sobre la piedra *“Frente a las lacas translúcidas, aparece otro tipo de policromado oleoso más cubriente y trabajado (prácticamente ocultos en su totalidad) sería el empleado para policromar fundamentalmente encarnaciones, algunos ropajes y motivos paisajísticos [...]”*<sup>356</sup>

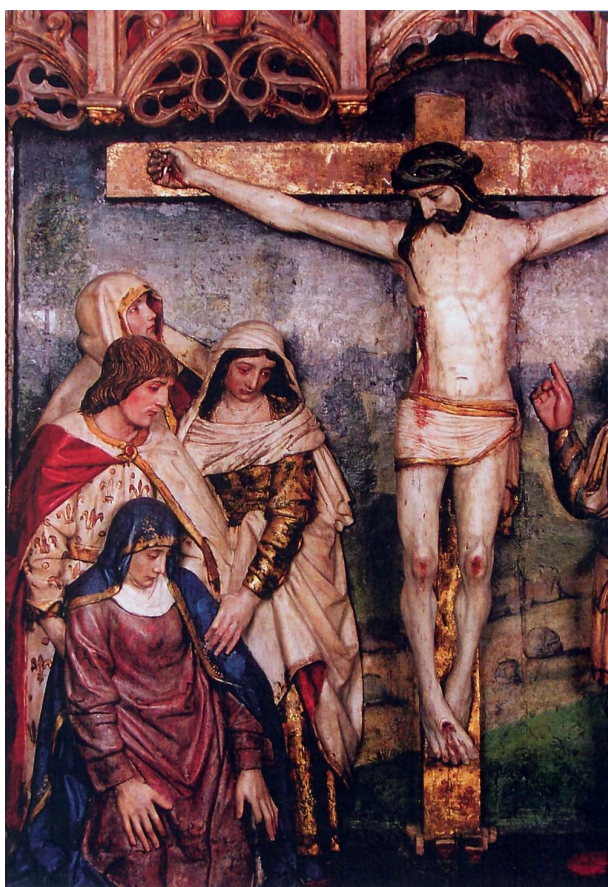


Fig.426. Detalle de la Crucifixión (después de la restauración). Retablo Mayor de la iglesia del Monasterio de Santa María del Pualar, Rascafría, Madrid.

Alabastro dorado, corlado, estofado y policromado con óleo y lacas. Piedra caliza labrada. Finales del siglo XV- principios XVI. Estilo Gótico- final (hispano-flamenco). Fotografía<sup>357</sup>

Entre los pigmentos detectados de la primera policromía se encontró Azurita en el azul, albayalde para el blanco, Bermellón, minio y laca roja en los rojos, amarillo de plomo y estaño en los amarillos, en los verdes malaquita y resinato de cobre, así como tierras coloreadas y lámina de oro.<sup>358</sup>

Sobre el alabastro de las esculturas se realizaron pequeños detalles y dibujos ornamentales con estuco de cola animal y yeso. Mientras que el aglutinante principal detectado en la primera policromía (de finales del siglo XV o principios del XVI) es el aceite de lino. Además con numerosas zonas doradas *“[...] láminas de oro y plata, presentan un acabado mate (sin bruñir en este caso se ha detectado un estrato de preparación (blanco, ligeramente anaranjado o pardo).*

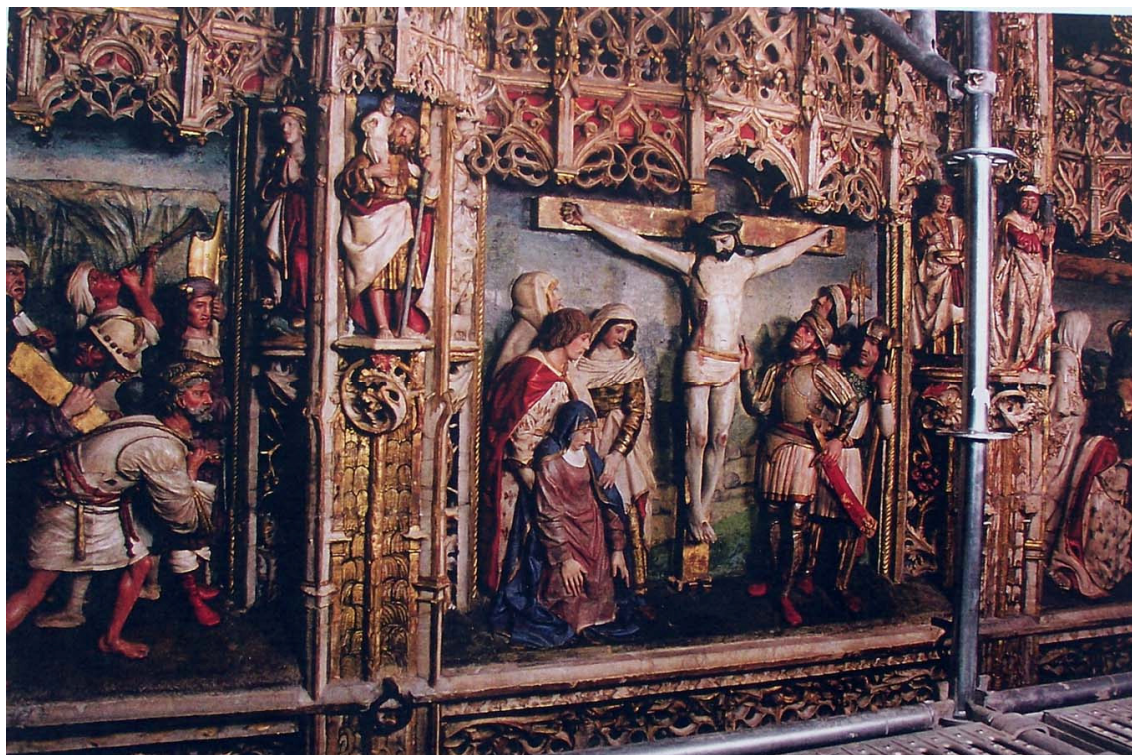
<sup>356</sup> “Informe de Restauración del Monasterio de Santa María del Pualar, Rascafría, Madrid.” Informe inédito. Volumen I. ICRB Instituto de Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico Español, Madrid, 2005. pp. 35-36

<sup>357</sup> “Informe de Restauración del Monasterio de Santa María del Pualar, Rascafría, Madrid.” Informe inédito. Volumen III. ICRB Instituto de Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico Español, Madrid, 2005. Sección 16.Lámina 221.

<sup>358</sup> “Informe de Restauración del Monasterio de Santa María del Pualar, Rascafría, Madrid.” Informe inédito. Volumen III. ICRB Instituto de Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico Español, Madrid, 2005. p.p.797-800

*Se trata de una técnica de dorado al Mixtión sobre la base de imprimación se aplicaría un estrato oleoso (aceite de lino) y una vez mordiente se posaría la lámina metálica.”<sup>359</sup>*

La conservación de estas policromías ha sido muy buena, principalmente por estar situadas en el interior del monasterio y también por el aglutinante oleoso empleado en la pintura, *“La técnica de ejecución grasa de las decoraciones ha protegido al alabastro y a la propia policromía de la acción nociva de la humedad (en especial de la de carácter ambiental), creando una película protectora hidrófuga sobre el material e impidiendo la absorción hídrica por dichos estratos”*.<sup>360</sup> Es importante indicar que para favorecer su conservación y aislarlo de agentes externos como polvo y humedad, se aplicó sobre el retablo restaurado una capa de Paraloid B 72 como protección final (al 7% en acetona).



*Fig. 427. Zona central de la escena de la Crucifixión de Cristo, Santa Juliana, San Cristóbal, San Cosme y San Damián (después de la restauración). Retablo Mayor de la iglesia del Monasterio de Santa María del Paular, Rascafría, Madrid. Alabastro dorado, corlado, estofado y policromado con óleo y lacas. Piedra caliza labrada. Finales del siglo XV- principios XVI. Estilo Gótico- final (hispano-flamenco). Fotografía<sup>361</sup>*

<sup>359</sup> “Informe de Restauración del Monasterio de Santa María del Paular, Rascafría, Madrid.” Informe inédito. Volumen I. ICRCB Instituto de Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico Español, Madrid, 2005. p.p. 42- 47.

<sup>360</sup> “Informe de Restauración del Monasterio de Santa María del Paular, Rascafría, Madrid.” Informe inédito. Volumen I. ICRCB Instituto de Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico Español, Madrid, 2005. p. 85.

<sup>361</sup> “Informe de Restauración del Monasterio de Santa María del Paular, Rascafría, Madrid.” Informe inédito. Volumen III. ICRCB Instituto de Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico Español, Madrid, 2005. Sección 16, 32 y 33. Lámina 227.



Las policromías y preparaciones al aceite eran de uso común en época gótica y románica. Por ejemplo en la restauración de la policromía de la Virgen del Viso realizada en piedra (fig. 428), se identificó una capa de preparación de yeso muy fina, sobre ella una imprimación o aislante de aceite de linaza y después una capa de blanco de albayalde. Los pigmentos detectados son bermellón, anaranjado, índigo con trazas de azurita, albayalde, negro carbón, y dorados con lámina de oro al mixtión (óleo-resinoso).<sup>362</sup>



*Fig. 428. Virgen del Viso o del Aviso. Retablo Mayor de la Iglesia parroquial de San Juan Bautista, Bamba, Zamora. Piedra policromada 115 x 42 x 24 cm (restaurada en 2000-2001 bajo la dirección de Concha Cirujano). Estilo Gótico, finales del siglo XIV o principios del XV. Fotografía<sup>363</sup>*

---

<sup>362</sup> CIRUJANO, Concha (Dir.). “Proyecto de restauración de la Virgen del Viso, Bamba, Zamora.” Informe inédito. Instituto de Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico Español de Madrid. 2001. pp. 35-36

<sup>363</sup> CIRUJANO, Concha (Dir.). “Proyecto de restauración de la Virgen del Viso, Bamba, Zamora.” Informe inédito. [Documentación fotográfica] Instituto de Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico Español de Madrid. 2001.

## I.2 COLOR Y VOLUMEN EN LA ESCULTURA

En la antigüedad la policromía se empleó como acercamiento a la divinidad religiosa, otras veces como medio de aproximación al modelo real o como aplicación simbólica y estética nada naturalista.<sup>364</sup>

En el Renacimiento la policromía de la escultura comienza a decaer en favor del mármol blanco, y en el barroco se policromaban fundamentalmente las tallas religiosas en madera. Sin embargo durante la época Neoclasicista se interviene en contra de la policromía con teorías que defendían el acabado limpio y puro de los materiales tradicionales, fundamentalmente el mármol blanco, considerando que así había sido el arte de la Grecia Clásica.

*“El color contribuye a la belleza, pero no es en sí la belleza, sino que realza dado, que el color blanco es el que más rayos de luz devuelve, o sea que parece más sensible, veremos que un cuerpo parece más hermoso cuanto más blanco. Incluso si se trata de un desnudo nos parecerá mayor de lo que en realidad es, como sucede con todas las figuras copiadas en yeso, que dan la impresión de tener mayor tamaño que las estatuas que han servido de modelo”<sup>365</sup>*

Fig.429. Pietro Torrigiano. Bust of Henry VII. C. 1509-11. Terracota pintada. Altura 60,5 cm. Victoria and Albert Museum. London. “El busto tiene tres capas de pintura una aparentemetne aplicada por el escultor Ingles John Flaxman”<sup>366</sup>

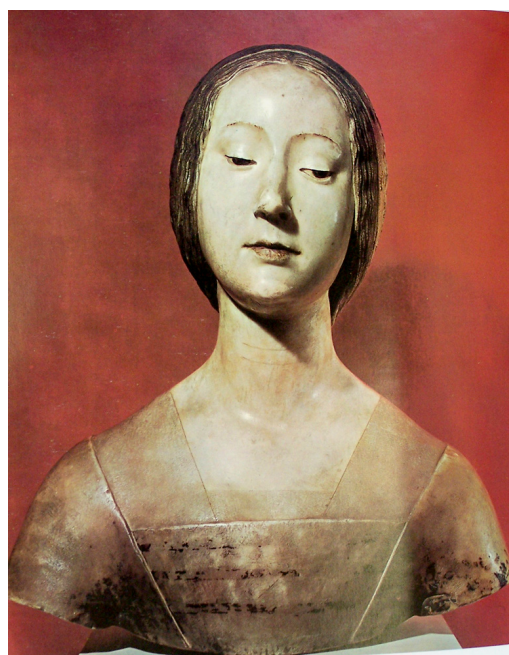


Fig. 430. Francesco Laurana, Busto de mujer. Mármol teñido; ca. 1487-88?. Vienna, Kunsthistorisches Museum. Fotografía<sup>367</sup>

<sup>364</sup> MALTESE, Corrado (Coord.). *Las técnicas artísticas*. Madrid: Cátedra, 1980. (Manuales de Arte Cátedra) p. 32.

<sup>365</sup> WINCKELMANN, J.J. *Historia del arte en la antigüedad*. Barcelona: Iberia, 1967. p. 117

<sup>366</sup> MARKS, Richard; Paul WILLIAMSON. *Gothic: Art for England 1400-1547*. London: V&A Publications, 2003. p.15

<sup>367</sup> HIBBARD, Howard. *Masterpieces of Western Sculpture: From Medieval to Modern*. 2ª Ed. New Jersey: Chartwell Books, 1966. fig. 48.

Estas y otras apreciaciones trataban de ocultar la realidad que mostraban los restos de policromía de las esculturas clásicas descubiertas a principios del siglo XIX. Evidencias arqueológicas innegables que demostraron que en la época clásica tenían un primoroso sentido del color, de la armonía y del diseño.

*"[...] con el intento de algunos filólogos clásicos del siglo XIX (el estadista Mr. Gladstone a la cabeza) de definir la experiencia del color en la antigua Grecia sin tener en cuenta a los arqueólogos clásicos, lo que les llevó a creer que la visión cromática griega en el siglo V a.C. era anómala, incluso defectuosa, y que nuestro moderno sistema visual se había desarrollado en tan sólo unos pocos miles de años;"*<sup>368</sup>

Estas teorías produjeron un gran daño cultural, ya que esculturas que aún conservaban restos de policromía original se limpiaron hasta extremos inusitados, por ejemplo el jinete Bamberg (Alemania) de mediados del siglo XIII originalmente pintado a todo color y con dorados, se cubrió de blanco en el siglo XVII y posteriormente en el siglo XIX se eliminó completamente todo dejando la piedra desnuda.<sup>369</sup>

No será hasta finales del siglo XIX cuando comenzó a cambiar concepto general respecto a la policromía sobre la escultura.

*"Experimentos con color habían sido dirigidos ocasionalmente antes de 1859, y fueron casi siempre sujetos a una severa crítica e incluso hostilidad abierta. La escultura Europea había sido 'sin color' durante décadas por eso para la mayoría de los observadores algo así parecía casi impropio. Cuando miramos dentro de un ancho contexto temporal y geográfico, sin embargo, esta restricción voluntaria es excepcional: Mesopotámicos, Egipcios, Aztecas e Incas, Africanos, Indios, chinos, Japoneses y Oceánicos- la mayoría de las culturas como norma producía escultura coloreada. Desde esta perspectiva, la renuncia al color por más tiempo no parece ser normal. Es también contrario a la naturaleza humana."*<sup>370</sup>

En otras épocas se sucedían disertaciones por la eterna lucha entre pintores y escultores, concernientes a la defensa de la excelencia de sus respectivas artes y empeñados en la censura de la del contrario. Sin embargo pintura y escultura son dos artes que se complementan mutuamente cuando se unen formando una escultura policromada. Francisco Pacheco indica que la pintura es un modo de ayudar a las figuras en medio relieve para que cobren la apariencia de figuras redondas o corpóreas.<sup>371</sup> Actualmente el color en la escultura es

---

<sup>368</sup> GAGE, John. *Color y Cultura: La práctica y el significado del color de la Antigüedad a la Abstracción*. 3ª Ed. Madrid: Siruela, 2001. p. 7

<sup>369</sup> WITTKOWER, Rudolf. *La Escultura, procesos y principios*. Madrid: Alianza, 1988. pp. 73-75

<sup>370</sup> BLÜHM, Andreas; et al. *The Colour of Sculpture 1840-1910*. Amsterdam: Van Gogh Museum, Leeds: Henry Moore Institute, Zwolle: Waanders Uitgevers, 1996. p. 11.

<sup>371</sup> PACHECO, Francisco. *Arte de la pintura su antigüedad y grandezas*. Tomo II. Madrid: Cátedra, 1956. p. 500.



un medio expresivo y representativo libre que se desarrolla sin condicionantes ni prejuicios, aportando nuevos valores simbólicos y connotaciones subjetivas a la escultura.

La policromía se basa fundamentalmente en la diferencia de tono o color, que puede estar fuertemente contrastado o no, y es aplicado a diferentes partes de la pieza. Robert Russell comenta que utiliza el color en su escultura para separar elementos y establecer partes en el conjunto.

*“El color siempre llega en la última fase del trabajo del escultor y todavía, y con magnitud, es lo primero que se encuentra el observador [...] el color tiene cualidades asociativas potentes, y estas pueden ser tan reales, para el observador, como cualquiera de las más tangibles características de una escultura. Si una escultura es de color tierra, ponemos por caso, o color de cielo puede afectar el modo que lo leemos y respondemos a ello, a través de sus otras propiedades y dimensiones físicas. Y por eso los escultores ha continuado re-inventando el modo en que usan el color para mejorar, fortificar o contradecir forma y material”.<sup>372</sup>*



Fig.431. Max Klinger (1857-1920), Busto de Cassandra c. 1895, Mármol, ámbar pintado, 62 x 31 x 27 cm, Aktien Gesellschaft Gladenbeck Berlin & Friedrichshagen, Hamburger Kunsthalle. Fotografía<sup>373</sup>



Fig.432. Max Klinger, Nueva Salome, 1893, yeso y ámbar. Staatliche Kunstsammlungen Dresden, Skulpturensammlung. Fotografía<sup>374</sup>

<sup>372</sup> BLÜHM, Andreas; et al. *The Colour of Sculpture 1840-1910*. Amsterdam: Van Gogh Museum, Leeds: Henry Moore Institute, Zwolle: Waanders Uitgevers, 1996. p. 5.

<sup>373</sup> BLÜHM, Andreas; et al. *The Colour of Sculpture 1840-1910*. Amsterdam: Van Gogh Museum, Leeds: Henry Moore Institute, Zwolle: Waanders Uitgevers, 1996. p. 137.



Cuando la escultura presenta una serie de colores formando una policromía, el observador experimenta una dicotomía reflexiva entre volumen y color. Color que influye en la percepción, produciendo atenuación o exaltación de volúmenes, creación de nuevos espacios visuales, equilibrio o desequilibrio, alternancia, ritmo, contraste y claroscuro, es decir, un conjunto de sensaciones y percepciones armónicas.

Fig.433. René Magritte, *El futuro de las estatuas*, 1932, Máscara de yeso pintada. Fotografía<sup>375</sup>

Lograr el equilibrio genérico entre color y volumen no es fácil. La relación perfecta se consigue cuando el color está tan integrado con la forma que es difícil imaginarse la escultura con una apariencia monocroma sin tener la sensación de que le falta algo esencial o emocional, sin que pierda parte de su fuerza y de su misterio (figs. 433, 434). Sin embargo hay esculturas que únicamente pueden alcanzar un sentido de monumentalidad con un acabado monocromático.



Fig.434. Joan Rebull (1899-1981), *Elvireta*, ca. 1939, Barro crudo policromado, 34 x 27 x 15,5 cm. Colección Jordi Rebull. Fotografía<sup>376</sup>

Cuando en la policromía de una escultura se produce la lucha perceptiva entre color y volumen o el desorden armónico el observador experimenta extrañeza, indiferencia, incompreensión, desorientación e incluso aprensión por la obra de arte. K. W. Hild indica que *“Una combinación cromática armónica produce en quien la contempla sensación agradable de bienestar; por el contrario, una combinación inarmónica ofende a la vista y repele.[...] Muchos colores no producen impresión*

<sup>374</sup> BLÜHM, Andreas; et al. *The Colour of Sculpture 1840-1910*. Amsterdam: Van Gogh Museum, Leeds: Henry Moore Institute, Zwolle: Waanders Uitgevers, 1996. p. 43.

<sup>375</sup> DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From the Renaissance to the Present Day. From the Fifteenth to the Twentieth Century*. Vol II. London (etc.): Taschen, 1999. p. 473.

<sup>376</sup> Joan Rebull, *Años 20 y 30*. Exposición del 30 Septiembre 2003-19 Enero 2004. Madrid: MNCARS, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2003. p. 107.



agradable contemplándolos de cerca, pero la armonía surge si se contempla el conjunto desde cierta distancia.”<sup>377</sup> Sin embargo en cuanto a la combinación de colores indicar que “La percepción del color no es siempre igual en todas las personas; lo que a uno le parece hermoso a otro le desagrade.”<sup>378</sup> No obstante los estudios cromáticos de los colores muestran relaciones de éxito y armonía cromáticas, independientemente del gusto personal del observador<sup>379</sup>.

Las teorías del color son amplias, complejas y es útil conocerlas, pero en muchos casos los colores se utilizan acertadamente de una forma emocional e instintiva. “Los diversos colores producen distintos efectos: El blanco alegra. El amarillo claro atrae. El anaranjado impone. El rojo emociona e impresiona. El azul celeste y el verde natural agradan. El pardo sosiega, calma, apacigua. El violeta sorprende. El negro entristece”.<sup>380</sup> En cuanto a los dorados y plateados en otras épocas se consideraron como algo suntuoso “Ambos, aplicados parcialmente, pueden tener una ligera referencia naturalista, [...] o bien una función decorativa abstracta,[...] pero sobre todo cuando se dora toda la superficie de la escultura prevalecen, sobre los motivos directamente formales, el intento de aparentar mayor valor con fines simbólicos o propagandísticos”.<sup>381</sup>

Fig.435. Derecha. Tomás Barceló. Xisca.- Madera de abedul policromada por Francesc Grimalt. Siglo XXI. Medidas: 76,5 x 29 x 21,5 cm. Exposición Mar de Luces, Madrid 2007, Galería Alexandra Irigoyen. Fotografía<sup>382</sup>



Una obra de arte tiene armonía cuando las partes que forman el conjunto están en relación con el “todo” de la obra final, lo cual no es fruto de un desorden anárquico, sino de la experiencia previa y de su estudio e interpretación artística. Una gran obra de arte se caracteriza porque el único sentimiento que no produce en el espectador es el de indiferencia, sino que activa sus sentidos implicándole con la obra de arte, aumentando su interés y admiración.

<sup>377</sup> HILD, K. W. *Manual del pintor decorador: Guía para pintores, barnizadores, doradores vidrieros, empapeladores y estuquistas*. Versión de la 3ª Ed. Barcelona: Gustavo Pili, S.A., 1950. p. 130.

<sup>378</sup> HILD, K. W. *Manual del pintor decorador: Guía para pintores, barnizadores, doradores vidrieros, empapeladores y estuquistas*. Versión de la 3ª Ed. Barcelona: Gustavo Pili, S.A., 1950. p. 123.

<sup>379</sup> A.A.V.V. *El ojo cromático del artista*, L.E.D.A. Ediciones de Arte, Barcelona, 1984. pp. 60-75

<sup>380</sup> HILD, K. W. *Manual del pintor decorador: Guía para pintores, barnizadores, doradores vidrieros, empapeladores y estuquistas*. Versión de la 3ª Ed. Barcelona: Gustavo Pili, S.A., 1950. p. 128.

<sup>381</sup> MALTESE, Corrado (Coord.). *Las técnicas artísticas*. Madrid: Cátedra, 1980. (Manuales de Arte Cátedra) p. 65.

<sup>382</sup> “Mar de luces. Francesc Grimalt-Tomás Barceló”. [Catálogo exposición del 15 de marzo al 14 de Abril de 2007]. Galería Alexandra Irigoyen, Madrid. 2007. p. 15.



*Jean- Léon Gérôme , pintor y escultor, admirador de las policromías históricas, aplicaba el pigmento en cantidades pequeñas utilizando una solución de cera<sup>383</sup>.*



*Fig.436. Jean-Léon Gérôme, Head of Tanagra c.1890, Mármol policromado 57 x 34 cm, Paris Collection Lucile Audouy. Fotografía <sup>384</sup>*



*Fig. 437. Jean-Léon Gérôme (1824-1904) Sarah Bernhardt, c. 1895-97. Mármol coloreado. Medidas : 67,7 x 41 x 29 cm. Paris, Musée d'Orsay. Fotografía <sup>385</sup>*

Clasifico la policromía en la escultura fundamentalmente en:

<sup>383</sup> BLÜHM, Andreas; et al. *The Colour of Sculpture 1840-1910*. Amsterdam: Van Gogh Museum, Leeds: Henry Moore Institute, Zwolle: Waanders Uitgevers, 1996.. p. 128.

<sup>384</sup> BLÜHM, Andreas; et al. *The Colour of Sculpture 1840-1910*. Amsterdam: Van Gogh Museum, Leeds: Henry Moore Institute, Zwolle: Waanders Uitgevers, 1996. p. 129.

<sup>385</sup> DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From the Renaissance to the Present Day. From the Fifteenth to the Twentieth Century*. Vol II. London (etc.): Taschen, 1999. p. 381.

1. Policromía pictórica
2. Policromía por ensamblaje de materiales
3. Policromía evolutiva (cambio que experimentan en el tiempo los diferentes materiales escultóricos)
4. Policromía del entorno, brillos y materiales especulares.

## **1. Policromía pictórica.**

Se utilizan fundamentalmente técnicas pictóricas para variar el color de un material escultórico ya sea en capa cubriente o en veladuras (pátinas transparentes), y suelen aportar una capa de protección al material escultórico frente a los agentes deteriorantes atmosféricos. Independientemente la escultura puede tener algún elemento de otros materiales ensamblados.

*Fig. 438. Conrad Dressler 1856-1940. Retrato de Nita Maria Schonfeld Resch. 1898. Inglaterra, Terracota pintada. Museum no. A.3-1995. London. Victoria and Albert Museum. Fotografía A. Sánchez Davía.*



La policromía pictórica produce dicotomía entre pintura y escultura. Las técnicas pictóricas empleadas pueden ser tradicionales (óleo, temple, acuarela, encáustica) o contemporáneas (sprays, esmaltes, acrílicos, lacados, alquídicos). Según el producto aplicado, técnica y soporte, permitirán o no reversibilidad en

la aplicación, es decir, si se va a poder eliminar la capa cromática de la superficie escultórica, aunque es importante indicar que siempre quedará algún resto cromático o subproducto sobre la superficie.

La duración de la capa cromática dependerá de la ubicación final de la pieza y del empleo de un procedimiento apropiado al soporte. La realización de una policromía pictórica requiere conocimientos técnicos, de materiales y procedimientos pictóricos para lograr las máximas posibilidades cromáticas.



Por ejemplo en las policromías de las esculturas de Joan Rebull se conjugan sencillez, armonía de formas y colores planos (fig. 440).

*“La estilización, que no dejaba fuera la expresión esencial de la vida, y la policromía fueron elementos del arte arcaico faraónico y helénico, que también estuvo presente en un arte y Rebull reivindicó, el gótico, donde los elementos de cierto detallismo descriptivo fueron tratados desde la estilización. Los grandes ojos policromados de algunas de estas figuras traen a la memoria también el arte copto, del que habló Rafael Benet, o el Románico pirenaico”.*<sup>386</sup>

Fig. 439. Joan Rebull (1899-1981), *Maria Rosa*, 1935, Piedra policromada 43 x 34,5 x 24 cm. Museu de Montserrat. Donación J. Sala Ardiz. Fotografía<sup>387</sup>

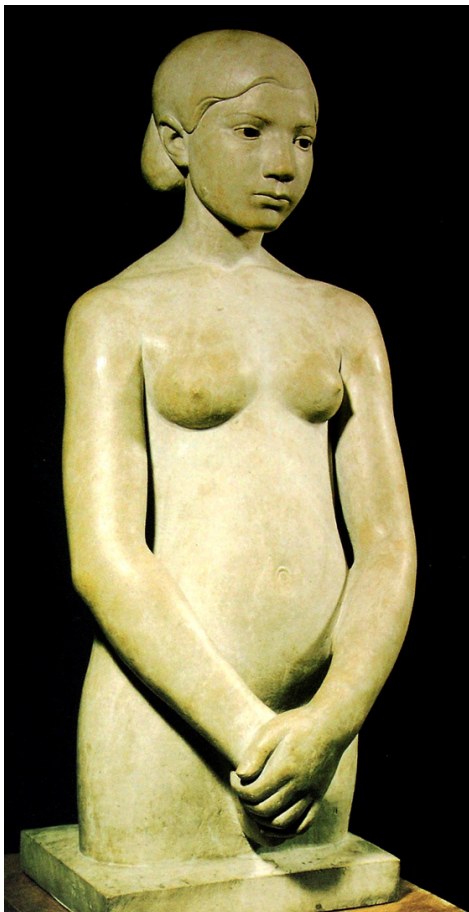


Fig. 440. Joan Rebull (1899-1981), *Gitanilla*, 1933, Piedra 85 x 35 x 32 cm. Colección Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona.

*La policromía pictórica de esta pieza se limita a los ojos y a la aplicación de una suave veladura sobre la piedra. Fotografía*<sup>388</sup>

<sup>386</sup> Joan Rebull, *Años 20 y 30*. Exposición del 30 Septiembre 2003-19 Enero 2004. Madrid: MNCARS, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2003. p. 670

<sup>387</sup> Joan Rebull, *Años 20 y 30*. Exposición del 30 Septiembre 2003-19 Enero 2004. Madrid: MNCARS, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2003. p. 105.

<sup>388</sup> Joan Rebull, *Años 20 y 30*. Exposición del 30 Septiembre 2003-19 Enero 2004. Madrid: MNCARS, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2003. p.100.





Fig. 442. Arriba. Marino Marini, *Jugglar*. Bronce policromado, 1938. hanover, Städtische Galerie im Landesmuseum. Fotografía.<sup>390</sup>



Fig. 441. Lisbet Fernández, *El aliado*, 2002 (detalle) Escultura en terracota 85 x 35 x 55 cm. Fotografía<sup>389</sup>



Fig. 443. Pérez Comendador, *Candelaria* 1933-39. Piedra policromada. Fotografía<sup>391</sup>

<sup>389</sup> GÓMEZ BAEZA, Rosina (Dir.). “ARCO’06 Feria Internacional de Arte Contemporáneo”. [Catálogo] Vol. II. Madrid: IFEMA, Feria de Madrid. 2006. p. 639.

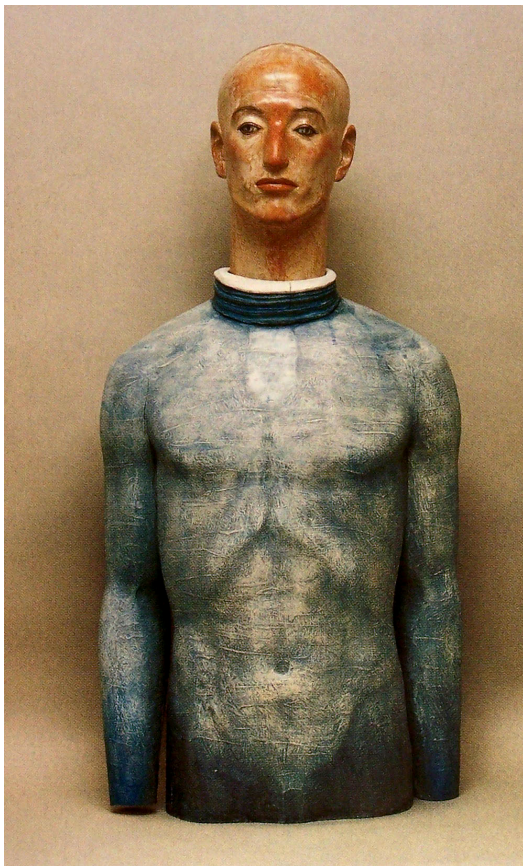
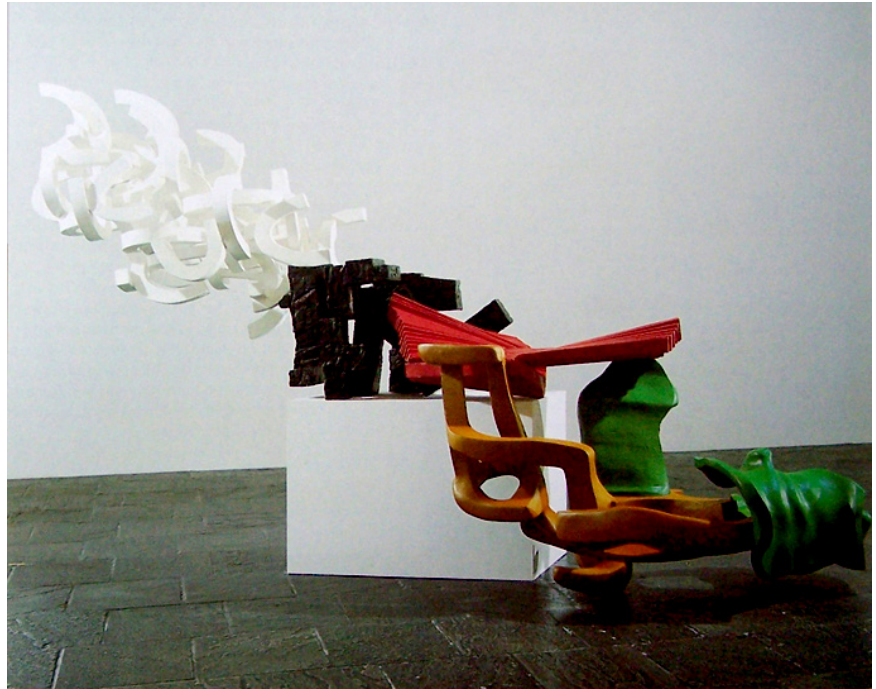
<sup>390</sup> HIBBARD, Howard. *Masterpieces of Western Sculpture. From Medieval to Modern*. 2ª Ed. Chartwell Books. New Jersey. 1966. fig. 132.

<sup>391</sup> HERNÁNDEZ DÍAZ, José. “El escultor Pérez Comendador 1900-1981 (Biografía y obra)” Bilbao: La Gran Enciclopedia Vasca, Caja de Ahorros Provincial San Fernando de Sevilla Obra Cultural, 1986. p. 161.



La policromía pictórica es muy utilizada independientemente del material escultórico y en muchas ocasiones se combina con el ensamblaje de materiales diversos.

*Fig.444. George Sugarman, Bardana, 1962,1963, Madera policromada. Figura<sup>392</sup>*



*Fig.445. Izquierda. Katsura Funakoshi, Lluvia lejana, 1995, Madera de alcanforero policromada y mármol. Altura 102cm. Colección del artista. Fotografía<sup>393</sup>*



*Fig.446. Alexander Calder, Obús 1972, Acero pintado, 362 x 386 x 228 cm, National Gallery of Art. Washington DC. Fotografía.<sup>394</sup>*

<sup>392</sup> DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From the Renaissance to the Present Day. From the Fifteenth to the Twentieth Century*. Vol II. London (etc.): Taschen, 1999. p. 548.

<sup>393</sup> *El Arte del Siglo XX*. Madrid: Debate. 1996. p. 152.

<sup>394</sup> *El Arte del Siglo XX*. Madrid: Debate. 1996. p. 75.



Fig.447. Duane Hanson, *The Tourists*, 1970, Resina de poliéster y fibra de vidrio policromada al óleo, y técnica mixta (Molde tomado de personas reales). Medidas. Man 152.00 x 80.50 x 31.00 cm; Woman 160.00 x 44.00 x 37.00 cm. Fotografía <sup>395</sup>

## **2. Policromía por ensamblaje de materiales diversos.**

Las esculturas están formadas por diversos materiales, en ellas el distinto color local de cada elemento aporta cromatismo a la pieza, a su vez pueden tener policromía pictórica.

Estas esculturas policromas presentan una gran riqueza conceptual, cromática y volumétrica. La escultura se diversifica con las propiedades y cualidades inherentes de cada componente, la forma en que se han trabajado y su acabado.

Habitualmente se emplearon materiales tradicionales como el bronce, oro, mármoles y piedras preciosas<sup>396</sup>, todas las piezas se ensamblaban de forma minuciosa y perfecta, logrando un acabado tan pulcro que parecen esculturas realizadas en un solo material. Actualmente junto a los materiales escultóricos tradicionalmente conocidos, pueden aparecer los más diversos materiales y objetos como plumas, telas, teselas, acero, luces de colores, gelatinas, material de reciclaje, etc. La duración de la escultura depende de los materiales de construcción y su ubicación.

<sup>395</sup> DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From the Renaissance to the Present Day. From the Fifteenth to the Twentieth Century*. Vol II. London (etc.): Taschen, 1999. p. 537.

<sup>396</sup> RIVERA, J.; A. AVILA; M.L. MARTÍN ANSÓN. *Manual de técnicas artísticas*. Madrid: Historia 16, 1997. pp.105-106.



Fig.448. John Chamberlain. *Jhon y Bird*, 1959.  
Enamelled steel. Acero esmaltado. Fotografía<sup>397</sup>

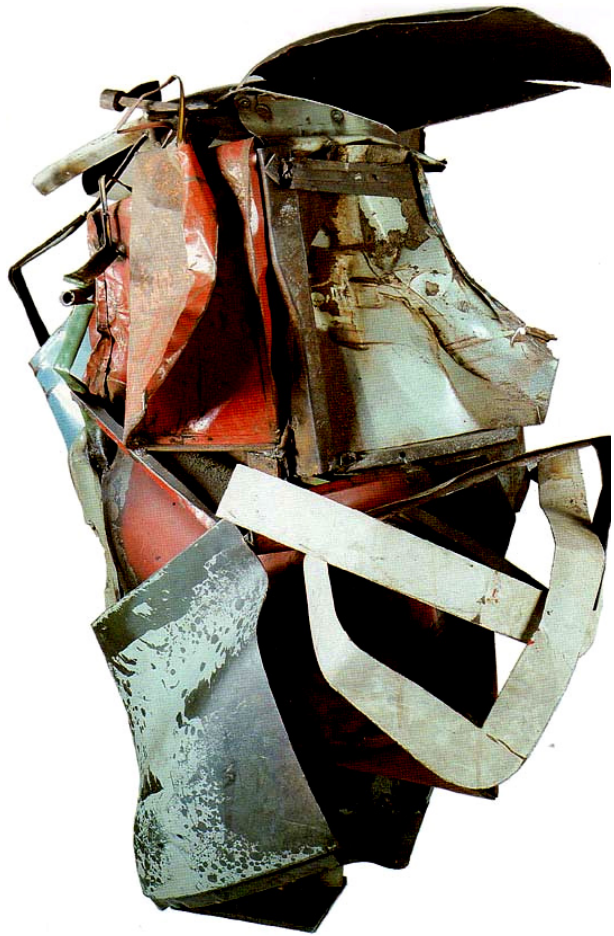


Fig.449. Richard Craig Meither (nacido en 1949).  
*Alicia* 1999. Vidrio borosilicato soplado a mano y  
trabajado a soplete y técnica mixta. London, Victoria  
and Albert Museum. Fotografía A. Sánchez  
Davía.



Fig. 450. Robert Smithson (1938-1973)  
*Espejo cuadrado encerrado*, 1969.  
Roca de sal, espejo y vidrio. Fotografía<sup>398</sup>

<sup>397</sup> DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From the Renaissance to the Present Day. From the Fifteenth to the Twentieth Century*. Vol II. London (etc.): Taschen, 1999. p. 528.

<sup>398</sup> DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From the Renaissance to the Present Day. From the Fifteenth to the Twentieth Century*. Vol II. London (etc.): Taschen, 1999. p.571.



Fig. 451. Marcel Duchamp. *Rueda de bicicleta* 1913 "ready made" madera y metal, altura 1'26 m Nueva York, Sydney Janis Gallery. Fotografía<sup>399</sup>

#### Acciones superficiales.

En ocasiones el color propio del material de deja inalterado, sin embargo el escultor suele recurrir a la aplicación de productos químicos, preparados o actuaciones que producen alteración cromática del tono superficial del material escultórico. Para ello se utilizan procedimientos específicos según el material y acabado que se pretenda e incidirán en el acabado aportado por la policromía evolutiva que se indicará más adelante.



En esta sección entran todos los productos y acciones aplicados sobre la pieza escultórica que cambian su color y que no se pueden definir dentro de las técnicas pictóricas, entre ellos estarían: tintas, spray, gelatinas, materiales fundidos, esmaltes, quemados, resinas de poliéster, epoxídicas, plásticos, acetatos, también elastómeros como goma de silicona, látex, caucho, etc. También los productos químicos que producen la oxidación del metal para obtener pátinas.

Fig.452. Edwin Eisch, (nacido en 1927). *Helmut Kohl: Break through the Wall* (tránsito a traves de la pared). Trabaja sus obras en vidrio para policromarlas después. Escultor y pintor. Modelo 1997, soplado 2002, pintado 2003-4. Victoria & Albert Museum. London. Fotografía A. Sánchez Davía.

<sup>399</sup> ARGAN, Giulio Carlo. *El Arte Moderno: Del Iluminismo a los movimientos contemporáneos*. Madrid: Akal, 1991. p. 327.





Fig. 453. Gerard Mas. *Dama del Xupa-xup*, 2007, alabastro parcialmente policromado. Medidas: 44 x 38 x 23 cm. 1/1. Fotografía, Galería 3 punts, Barcelona<sup>400</sup>.



Fig. 454. Bilbert Bayes (1872-1953). *The Lilymaid* (conocido como el espíritu de la corriente), 1925. Cerámica de gres (Doulton), Londres, Inglaterra. Victoria & Albert Museum. London. Fot. A. Sánchez Davía.

---

<sup>400</sup> DURAN, Eduard; LÓPEZ, Javier (Dir. galería) “Gerard Mas” [en línea]. Exposición individual de escultura. Barcelona: Galería 3 punts, 2008. <http://www.3punts.com/pagina.asp?0=4&1=17070&2=1221&3=25407> [Consulta: Noviembre 2008]



### 3. Policromía evolutiva.

Se podría decir que la policromía evolutiva es causada por la transformación en el tiempo del material o materiales constitutivos de la propia escultura.

Toda escultura, dependiendo de su ubicación y material de realización, va a adquirir un tono específico o pátina<sup>401</sup> natural más o menos intensa producida por el paso del tiempo y por el envejecimiento propio del material. El principal factor es el material escultórico y la ubicación de la pieza (interior, exterior, ambiente marítimo, etc.)

En ocasiones el escultor utiliza productos y métodos diversos aplicados de forma artificial para conseguir el efecto del paso del tiempo sobre la escultura en un corto periodo de tiempo. Las pátinas pueden ser muy transparentes o cubrir completamente el material de base, y a veces se aplican formando una policromía. La aplicación de pátinas fueron técnicas muy utilizadas en la antigüedad para falsificar obras de arte clásicas<sup>402</sup>.



Fig. 455. Eduardo Chillida. *Yunque del sueño X*. 1962. Hierro y madera. Fotografía<sup>403</sup>

<sup>401</sup> **Patina.** “f. 1 Especie de barniz duro, de color aceitinado y reluciente, que por la acción de la humedad se forma en los objetos antiguos de bronce. 2. Tono sentado y suave que da el tiempo a las pinturas al óleo. Se aplica también a otros objetos antiguos. 3. Este mismo tono obtenido artificialmente.” *Gran Enciclopedia Universal*. Volumen 14. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p. 9091.

<sup>402</sup> MALTESE, Corrado (Coord.). *Las técnicas artísticas*. Madrid: Cátedra, 1980. (Manuales de Arte Cátedra) p. 65.

<sup>403</sup> DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From the Renaissance to the Present Day. From the Fifteenth to the Twentieth Century*. Vol II. London (etc.): Taschen, 1999. p. 507.

#### 4. Policromía del entorno.

El color propio y la luz que reflejan los objetos circundantes inciden sobre la escultura, siendo un factor que actúa sobre cualquier objeto, especialmente apreciable en aquellas de color blanco *“Cualquier superficie blanca y opaca estará parcialmente coloreada por los reflejos de los objetos circundantes”*<sup>404</sup>.

Pero fundamentalmente se podría aplicar en el caso de esculturas con brillo o superficies especulares ya que la propia pieza refleja los colores, objetos y luz del entorno de una forma más o menos distorsionada.



*Fig.456. Jeff Koons. Rabbit, 1986. Stainless steel. Conejo, Acero Inoxidable. The Sonnabend Collection, New York. Fotografía: The Sonnabend Collection, New York.*

---

<sup>404</sup> DA VINCI, Leonardo. *Leonardo da Vinci. Cuadernos de notas*. Madrid: Felmar, 1975. p. 41.

## **CAPÍTULO IV. ANEXOS.**

### **ANEXO II**

#### **DOLOMÍA DE BERNUY COMO SOPORTE ESCULTÓRICO**

*Dolomía*

*Técnica y metodología de trabajo*

*Realización de una escultura en dolomía para su policromado al silicato.*

*Procedimiento de sacado de puntos.*



## II.1 DOLOMÍA DE BERNUY

La dolomía está clasificada dentro del grupo de las rocas sedimentarias. Éstas generalmente proceden de restos de otras rocas anteriormente formadas que por acción de agentes físicos externos (hielo, lluvia, agua, radiaciones solares), agentes químicos o causas biogénicas se deterioran; sus restos se van disgregando, erosionando y sus partículas son trasladadas por el agua o el aire. Estos minerales sueltos se sedimentan y se produce su diagénesis<sup>405</sup>, con ello se produce una serie de transformaciones en los sedimentos a causa de factores como: la presión de sobrecarga, compactación, temperatura, agua de los poros que es expulsada, cementación, factores químicos, etc. Por estas causas se forman nuevos minerales más adaptados al nuevo entorno de presión y temperatura, el material se densifica y litifica, formando la piedra pertinente.

Es importante indicar la diferencia entre dolomía y dolomita. Las rocas son agregados de minerales formados de un modo natural, en este caso la dolomía es una roca carbonatada que se caracteriza por estar formada preponderadamente del mineral dolomita  $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ , (Carbonato doble de Calcio y Magnesio).

En la tabla mostrada a continuación se indican las principales características del mineral dolomita, ya que influyen directamente en las propiedades de la roca dolomía (color, composición química, dureza...), pero en esta segunda estarán modificadas por la presencia de otros minerales, tamaño de éstos y porosidad.

**Tabla. 34.** Propiedades mineralógicas genéricas de la dolomita (principal componente de la dolomía)<sup>406</sup>

|                        |   |   |
|------------------------|---|---|
| <b>Grupo químico</b>   | Carbonatos  |   |
| <b>dureza</b>          | 3'5 - 4   | Semi-dura (se raya con una navaja) Escala <i>Mohs</i>                                   |
| <b>peso específico</b> | 2'8 - 2'9   | (también llamado densidad)  |
| <b>brillo</b>          | "Vítreo (índice de refracción inferior a 1,9)"                        | Brillo-reflexión de la luz en la superficie del mineral.                                |
|                        | "Translúcida"   |   |
| <b>color</b>           | "Blanquecino, amarillento pardusco y raramente incoloro o claro"      | Color externo del mineral   |
| <b>Raya</b>            | "Blanca"  | Color del polvo del mineral   |
| <b>Fractura</b>        | "Concoidea"   | Fractura- es la rotura de un mineral según superficies irregulares a causa de un golpe. |
| <b>Exfoliación</b>     | "Perfecta, (formas regulares) predomina el romboedro de exfoliación." | Exfoliación es la propiedad de un mineral a romperse según caras planas.                |
|                        | "Frágil"  |   |
| <b>Cristales</b>       | "Trigonal o romboédrico"  |   |
| <b>Efervescencia</b>   | No produce efervescencia en ácido clorhídrico diluido en frío         |   |

<sup>405</sup> **Diagénesis** (diagénesis de los sedimentos): "2 Proceso de formación de nuevos minerales, a partir de los que ya integraban los sedimentos, como consecuencia de unas nuevas condiciones físico-químicas con las que no se hallan en equilibrio." *Gran Enciclopedia Universal*. Vol. 6. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p. 3688.

<sup>406</sup> SCHUMANN, Walter. *Rocas y Minerales: Minerales, piedras preciosas, rocas, menas*. 3ª Ed. Barcelona: Omega, 1988. p. 38

En la dolomía de Bernuy se pueden observar zonas más o menos grandes con huecos redondeados en los que se observan concreciones masivas de cristales (figs. 457 y 458).



*Fig. 457 y 458 .Detalle de los cristales extraídos de una concreción de un bloque de dolomía de Bernuy.*

Estos cristales y concreciones están situados en el interior de huecos redondeados, siendo variable la zona afectada por este fenómeno. El diámetro de estas zonas heterogéneas puede oscilar entre 3 y 15 cm. y cuando un bloque presenta este tipo de concreciones en las caras de corte, es previsible que su interior contenga más, siendo fundamental que se elija un bloque de composición homogénea. En la piedra también pueden aparecer zonas con algunos depósitos de mineral de hierro, que serán evidentes si se realiza una policromía por veladuras e influirían en el aspecto visual de la escultura.



*Fig. 459 y 460. Detalle. Distinto grado de compactación de los cristales de dolomita. En este caso se producen en el interior de huecos redondeados de la dolomía de Bernuy, siendo más o menos abundantes según la zona de extracción.*

La dolomía está formada fundamentalmente por dolomita (carbonato cálcico-magnésico) con proporciones variables de otros minerales como p. ej. calcita (carbonato cálcico) cuarzo y arcillas. Las dolomías se clasifican según las proporciones que contengan de dolomita y calcita, se llaman dolomías a aquellas que *“tienen más del 90 por ciento de dolomita. Si el porcentaje de este mineral se sitúa entre el 90 y 10 por ciento se les llama dolomías calizas, pero si es inferior al 10 por ciento reciben la denominación de calizas dolomítica”*.<sup>407</sup> La dolomía de Bernuy tiene muy poco carbonato cálcico ya que apenas produce efervescencia al contacto con el ácido clorhídrico.

En cuanto a la formación geológica de la dolomía se clasifica en dos grupos genéricos:

1. Las dolomías primarias, que son muy escasas, y se forman por precipitación directa del carbonato cálcico magnésico en un medio acuoso (agua de mar).
2. Las secundarias, que son la mayoría de estas rocas, generalmente se deben a la sustitución del  $\text{CaCO}_3$  de las calizas por  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (dolomitización<sup>408</sup> de materiales previos). Con referencia a la formación de algunas dolomías Annibale Montana indica que *“se deben a la sustitución metasomática”*<sup>409</sup> durante la diagénesis del aragonito, presente fundamentalmente en restos de fósiles, por el magnesio que existe en solución en el agua de mar y en las lagunas salinas interiores de los continentes”<sup>410</sup>.

Walter Schumann clasifica a la dolomía entre las rocas que proceden de meteorización de sedimentos orgánicos junto a la caliza y el pedernal, y nos da idea de la compleja y lenta transformación química y física que sufren este tipo de sedimentos para llegar a convertirse en dolomía.

*“el segundo grupo comprende rocas meteorizadas de nueva formación [...] En este grupo, la mayoría de las veces los cambios químicos han destruido la roca primitiva. Los minerales anhidros se hidratan, los silicatos se destruyen por hidrólisis, los compuestos de hierro se oxidan y la caliza es alterada por el ácido carbónico. Por nuevas asociaciones de componentes primitivos intensamente alterados se forman rocas totalmente nuevas, que, a simple vista, no indican nada sobre las rocas primitivas de las cuales provienen”*<sup>411</sup>.

---

<sup>407</sup> VIDAL, José A. (Dir.). *Minerales y Rocas*. Guías visuales océano. Barcelona: Océano, 1999. p. 230

<sup>408</sup> **Dolomitización:** *“La dolomía se forma en el mar de un modo secundario, por transformación de la calcita, debido a que el magnesio que se encuentra en el agua se une a la caliza. Por medio de esta dolomitización se destruyen los restos orgánicos”* SCHUMANN, Walter. *Rocas y Minerales: Minerales, piedras preciosas, rocas, menas*. 3ª Ed. Barcelona: Omega, 1988. p. 126

<sup>409</sup> **Metasomatismo:** *“m. Geol. Cambio que experimenta un conjunto rocoso por reemplazamiento de un mineral por otro de composición diferente, como consecuencia de una reacción química con el medio circundante”*. *Gran Enciclopedia Universal*. Vol.12. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p. 7769.

<sup>410</sup> MOTTANA, Annibale; Rodolfo CREPI; Giuseppe LIBORIO. *Minerales y rocas*. 4ª Ed. Barcelona: Grijalbo, 2003. Ficha Nº 340.

<sup>411</sup> SCHUMANN, Walter. *Rocas y Minerales: Minerales, piedras preciosas, rocas, menas*. 3ª Ed. Barcelona: Omega, 1988. p. 102



La dolomía se utiliza principalmente como roca para la construcción y talla, aunque también se emplea para la producción de grava, e incluso para almacenar petróleo (Irán, Argelia).

La dolomita se usa principalmente en la fabricación de cales dolomíticas, fundentes, cerámica, industria química, fabricación de vidrio:

*“La descomposición térmica de la dolomita se inicia con la disociación del carbonato de magnesio entre 500-700° C. y posteriormente se produce la disociación del carbonato de calcio, que se completa a 920° C. La calcinación de dolomita se aplica para la producción de cales magnesianas (ó cales dolomíticas).*

*En la fabricación de vidrio, la dolomita reviste importancia, ya que tiende a aumentar el módulo de ruptura, aplicándose principalmente para vidrios planos.*

*Por su acción destacada como fundente, la dolomita se aplica en cerámica, particularmente en la preparación de esmaltes. En las pastas cerámicas, cuando interviene la dolomita, se produce una reacción entre los óxidos de calcio y de magnesio con los silicatos de los feldespatos y de las arcillas, dando lugar a la formación de compuestos intermedios que aceleran la vitrificación, en especial cuando se trabaja bajo esquema de cocción rápida. Junto con otros fundentes puede utilizarse dolomita cuando se emplean arcillas que contienen cantidades variables de metales alcalinotérreos.*

*Otra aplicación importante de la dolomita en cerámica es la fabricación de refractarios básicos.”*<sup>412</sup>

### **II.1.1. Caracterización petrográfica de la Dolomía de Bernuy**

Popular y erróneamente se hace referencia a la dolomía de Bernuy como caliza o arenisca dado su gran parecido de aspecto y color con estas piedras, o por la textura arenácea del polvo que desprende. Sin embargo se puede hacer una sencilla comprobación para determinar si la composición de una piedra es dolomía o caliza *“La característica de diferenciación más segura siempre la vemos en su reacción con la disolución fría de ácido clorhídrico. La caliza tiene una efervescencia repentina, mientras que la dolomía no reacciona o reacciona muy débilmente (aplicarla sobre polvo o sobre fracturas frescas)”*<sup>413</sup>

Los resultados de la prueba con ácido clorhídrico indican que esta piedra es una dolomía. La composición de la dolomía de Bernuy es la de una dolomía férrica con cantidades muy pequeñas de otros minerales: Óxidos de hierro, Cuarzo, Feldespato potásico, Calcita, Esmeclita (arcilla), (ver Informe de Caracterización pag. 419).

---

<sup>412</sup> FRANCHIMONT, Carlos. “Materiales: Dolomita”, [en línea]. Madrid: Ya.com.

<http://humano.ya.com/lito007/comunicarte/materiales.html#Dolomita> [Fecha Consulta: Agosto 2008]

<sup>413</sup> MARESCH, Walter; Olaf MEDENBACH. *Rocas*. (Con la colaboración de Hans Dieter Trochim). Barcelona: Blume, 1990. p. 180

A continuación en una tabla indico los datos petrográficos específicos sobre distintas piedras (Dolomía de Bernuy, Rosa Sepúlveda, Arenisca de Villamayor y Granito gris de Villacastín), el objetivo es poder comparar los datos sobre las características de la dolomía con las de otras piedras de distinta dureza, composición y porosidad.

**Tabla 35** . Comparativa entre características físicas de distintas piedras.

| DENOMINACIÓN                   | <i><b>Dolomía de Bernuy<sup>414</sup></b></i><br><i><b>(Segovia)</b></i> | <i>Rosa Sepulveda<sup>415</sup></i><br><i>(Segovia)</i> | <i>Arenisca de Villamayor<sup>416</sup></i><br><i>(Salamanca)</i> | <i>Granito gris de Villacastín<sup>417</sup></i><br><i>(Segovia)</i> |
|--------------------------------|--|---|---|--|
| ROCA                           | <b>Dolomía</b>   | <i>Bioesparita (caliza bioclástica)</i>                 | <i>Arenisca feldespática-Arcosa</i>                               | <i>Granito biotítico</i>   |
| MASA VOLUMÉTRICA               | <b>2,18 gr/cm<sup>3</sup></b>  | 2,26 gr/cm <sup>3</sup>                                 | 1,86 gr/cm <sup>3</sup>   | 2,67 gr/cm <sup>3</sup>  |
| ABSORCIÓN DE AGUA              | <b>7,88 %</b>  | 5,32 %  | 13,55%  | 0,18 %   |
| RESISTENC. A LA COMPRESIÓN     | <b>24MPa-237 Kg/cm<sup>2</sup></b>                                       | 38Mpa-373 Kg/cm <sup>2</sup>                            | 2,6-28,5Mpa-26-280 Kg/cm <sup>2</sup>                             | 169 MPa-1661 Kg/cm <sup>2</sup>                                      |
| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN       | <b>3,59 MPa-35 Kg/cm<sup>2</sup></b>                                     | 5,71Mpa-56 Kg/cm <sup>2</sup>                           | 0,6-1,4 Mpa-6-14 Kg/cm <sup>2</sup>                               | 18,5 MPa -184,92 Kg/cm <sup>2</sup>                                  |
| DESGASTE POR ROZAMIENTO        | <b>15,19 mm</b>  | 7,14 mm   | 9,23 mm   | 1,26 mm  |
| RESISTENCIA AL SO <sub>2</sub> | <b>0,85 %</b>  | 0,39 %  |   | 0,06 %   |
| RESISTENCIA A LOS ANCLAJES     | <b>1.106 N</b>   | 940 N   | 1.095 N   | 1.787 N  |
| RESISTENCIA AL CHOQUE          | <b>21,25cm</b>   | 32,50 cm  | 88,33cm   | 50,00 cm   |
| CAMBIOS TÉRMICOS               | <b>0,46%</b>   | 0,08 %  |   | 0,06%  |
| RESISTENCIA A LAS HELADAS      | <b>0,23%</b>   | 0,05 %  | 1,82 %  | 0,02%  |
| Laboratorio                    | <b>LOEMCO, 1993</b>  |   | LOEMCO, 1993  | LOEMCO, 1993   |

Ensayos realizados normas UNE 1985

Si comparamos los datos de las cuatro piedras la dolomía de Bernuy presenta unas características intermedias, lo cual es bastante bueno ya que determina su buena resistencia a la intemperie, siendo muy adecuada como soporte escultórico, además su porosidad media es ideal para utilizarla como soporte de una policromía pictórica.

<sup>414</sup> GARCÍA, José Ignacio; Juan Manuel BÁEZ. *La piedra en Castilla y León*. Salamanca: Junta de Castilla y León, Consejería de Industria, Comercio y Turismo, 2001. Ficha nº 25. p.205

<sup>415</sup> GARCÍA, José Ignacio; Juan Manuel BÁEZ. *La piedra en Castilla y León*. Salamanca: Junta de Castilla y León, Consejería de Industria, Comercio y Turismo, 2001. Ficha nº 38, p. 231

<sup>416</sup> GARCÍA, José Ignacio; Juan Manuel BÁEZ. *La piedra en Castilla y León*. Salamanca: Junta de Castilla y León, Consejería de Industria, Comercio y Turismo, 2001. Ficha nº 13, p.179

<sup>417</sup> GARCÍA, José Ignacio; Juan Manuel BÁEZ. *La piedra en Castilla y León*. Salamanca: Junta de Castilla y León, Consejería de Industria, Comercio y Turismo, 2001. Ficha nº 53, p. 263

**CSIC.** Informe de caracterización de la piedra de Bernuy



Consejo Superior de Investigaciones Científicas



Universidad Complutense de Madrid  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA ECONÓMICA (CSIC – UCM)



M<sup>a</sup> Jose Varas Muriel  
Elena Mercedes Pérez Monserrat  
Facultad de Ciencias Geológicas  
Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid.  
Telf 91-3944903  
Email: empmon@geo.ucm.es

## CARACTERIZACIÓN DE LA PIEDRA DE BERNUY (SEGOVIA)

Estudio realizado en el Instituto de Geología Económica (CSIC - UCM) por el grupo de investigación “Conservación del Patrimonio Arquitectónico” para M<sup>a</sup> Ángeles Sánchez Davía, con motivo de la tesis doctoral que se encuentra actualmente realizando en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid titulada “*Desarrollo cromático sobre la piedra dolomítica de Bernuy*”.

Madrid, 6 abril 2006



## DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Se trata de una dolomía cretácica de color amarillento y textura arenácea que presenta zonas oscuras, ricas en hierro (Fig 1). La dolomía es una roca sedimentaria formada por la dolomitización, proceso mediante el cual una roca caliza con mayor o menor contenido en minerales terrígenos (cuarzo, feldespatos y micas principalmente) se transforma a dolomía. Esta dolomía de Segovia es conocida con el nombre de Piedra de Bernuy y hoy en día es ampliamente utilizada sobre todo para aplacados de fachadas en el centro y norte de España.

Su posible confusión con una piedra caliza es perfectamente descartada al no producirse efervescencia alguna tras atacar una zona de la piedra con ácido clorhídrico. Para comprobar que una piedra corresponde a caliza, roca constituida fundamentalmente por el mineral calcita, se ataca una pequeña zona de la misma con ácido clorhídrico (también puede emplearse vinagre o limón). La calcita es carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ), con el ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) reacciona formando cloruro cálcico ( $\text{Cl}_2\text{Ca}$ ), sal soluble, agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que escapa a la atmósfera originando efervescencia (Fig 2a):



Es precisamente esta efervescencia lo que permite de visu la identificación de la caliza, fácilmente confundible con la dolomía, roca también muy empleada como material escultórico y de construcción pero que al estar constituida por el mineral dolomita (carbonato cálcico y magnésico) no se produce efervescencia tras el ataque con ácido clorhídrico (Fig 2b). El ácido clorhídrico debe estar diluido al 10% y el ataque consiste en aplicar sobre la piedra un par de gotas del ácido diluido. Para que este ataque sea efectivo, debe realizarse en frío porque con el aumento de temperatura varía la solubilidad de la calcita.

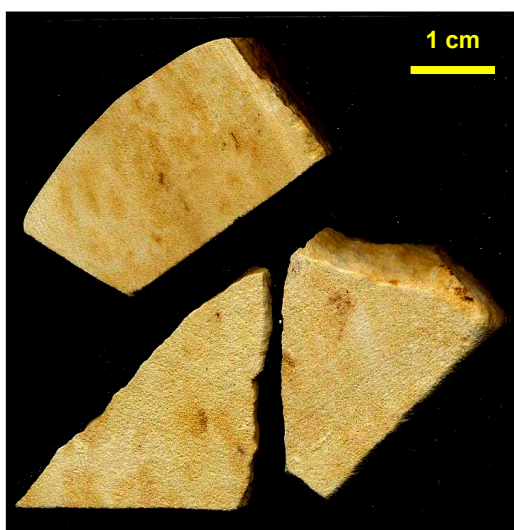


Fig 1. Aspecto macroscópico de la dolomía de Bernuy.

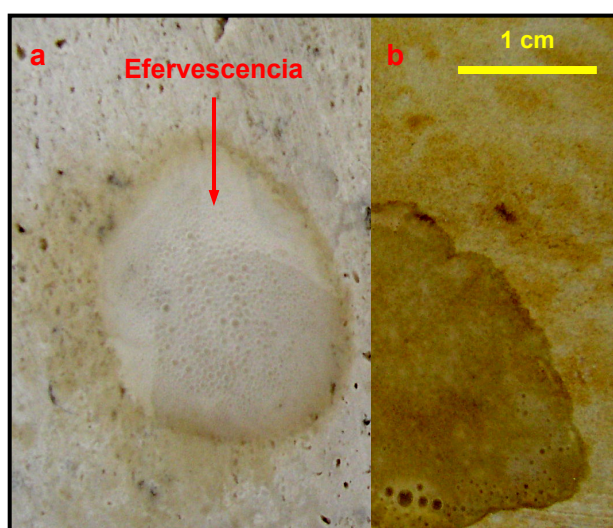


Fig 2. Identificación de la caliza (a) mediante su ataque con ácido clorhídrico.

## **DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA**

*El estudio petrográfico de la piedra de Bernuy en lámina delgada mediante microscopía óptica de luz polarizada, indica que efectivamente responde a una dolomía (Fig 3a). Esto es así porque tras teñir la lámina con la tinción de alizarín, no se observa el color rojo característico que presenta la caliza cuando es sumergida en esta tinción (Fig 3b). La tinción de alizarín tiñe el calcio de rojo, permitiendo la identificación de las calizas al ser rocas constituidas por el mineral calcita (carbonato de calcio).*

*Atendiendo a las imágenes mostradas en la figura 4, se observa que la piedra de Bernuy es un dolomía masiva muy homogénea de grano fino, inferior a 40 micras ( $1 \text{ micra} = 10^{-6} \text{ m}$ ). Se observan abundantes manchas de color marrón correspondientes a óxidos de hierro, que han prevalecido al proceso de dolomitización acontecido en la roca previa. Se identifican numerosos cristales de cuarzo diseminados (Q) y algunos de feldespato (Fto) constituyendo el componente terrígeno de la piedra y responsable en parte de la textura arenácea observada de visu.*

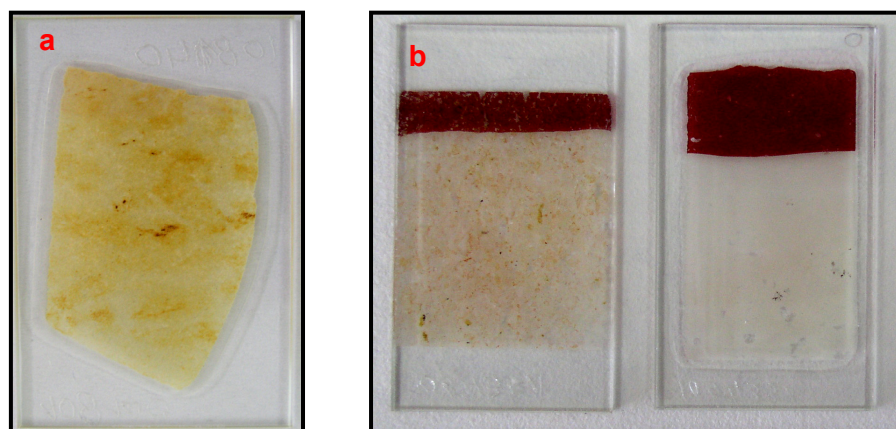
*Las imágenes obtenidas con los nícoles paralelos apenas presentan diferencia alguna respecto a las obtenidas con los nícoles cruzados, salvo la identificación de una porosidad muy baja. En estos poros, identificados al cruzar los nícoles por quedar oscuros, se observa la formación de cristales de dolomita a partir de sus paredes internas.*

*Esta piedra es resultado de un proceso de dolomitización acontecido en un material previo, del que sólo han prevalecido los óxidos de hierro y las partículas terrígenas. Esta dolomitización de grano muy fino ha sufrido procesos de alteración incipientes, siendo el más destacado la disolución de los núcleos de los cristales de dolomita.*

*Esta disolución es el típico proceso de alteración de la dolomita, originado por los cambios químicos producidos en la zona en los que se pasa de ph alcalinos a ph ácidos. El pequeño tamaño de grano de la dolomía dificulta el reconocimiento de estos núcleos de disolución de la dolomita, que sí podrían identificarse perfectamente mediante la utilización de microscopía electrónica de barrido.*

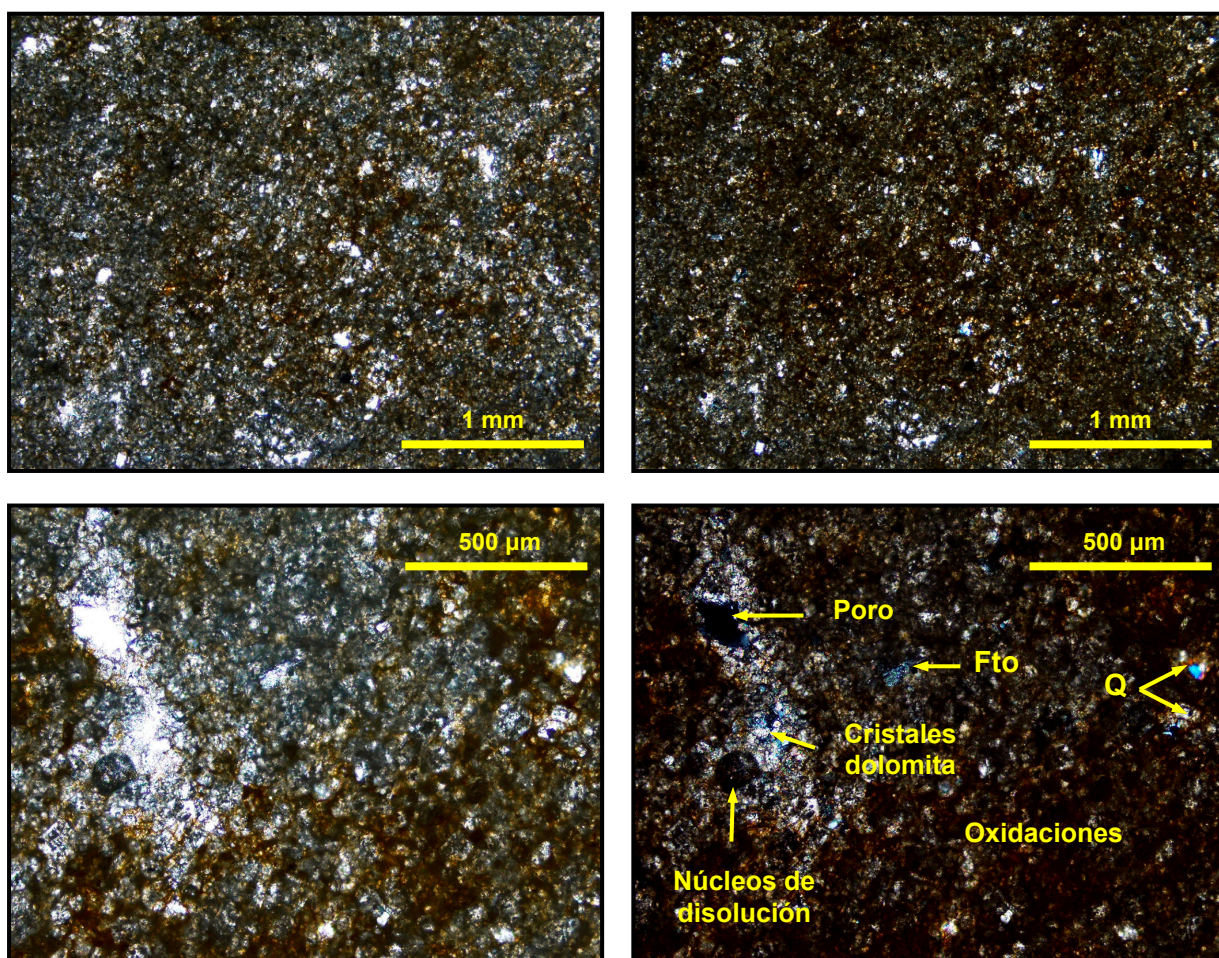
*La dolomía no se forma siempre por dolomitización de un material previo, puede formarse directamente a partir de la precipitación de carbonato cálcico magnésico en un medio acuoso. La dolomía puede ser primaria o secundaria, y concretamente la de Bernuy presenta todos los indicios de ser secundaria (o sea formada por dolomitización de un material previo, al observarse minerales terrígenos y óxidos de hierro).*





**Fig 3.** Tinción de alizarín en láminas delgadas.

- a. Dolomía de Bernuy, no se tiñe.
- b. Calizas de Sepúlveda, Segovia (izda) y Colmenar de Oreja, Madrid (dcha), se tiñen.



**Fig 4.** Aspecto petrográfico de la dolomía de Bernuy con luz polarizada, nícoles paralelos (izda) y nícoles cruzados (dcha).



## **DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

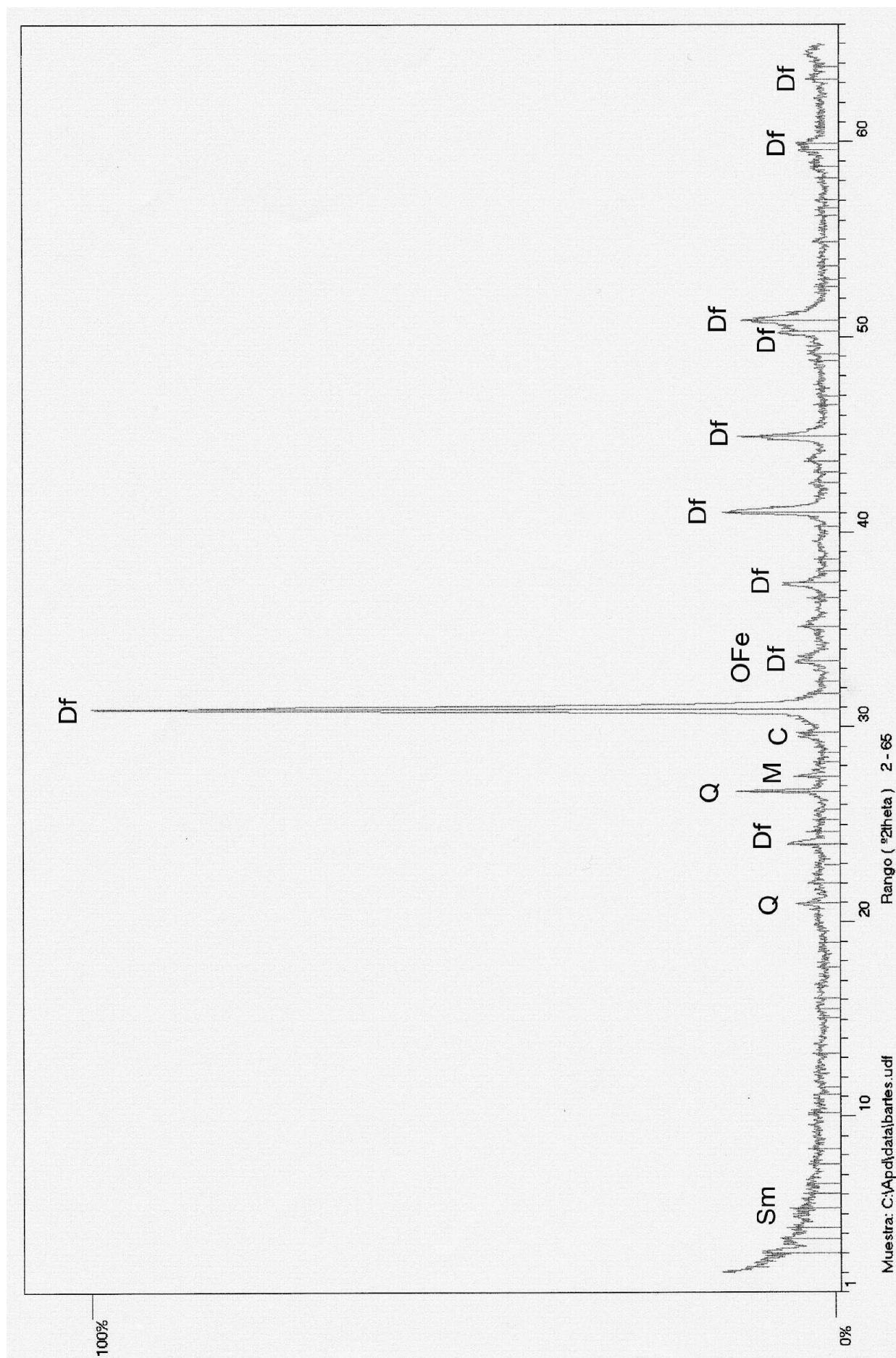
*“La Difracción de Rayos X es una técnica de caracterización que permite la identificación de la mineralogía constituyente de un material determinado. Es una técnica que requiere la pulverización de la muestra e identifica los minerales en ella existentes en función de la difracción que experimenta un haz de Rayos X que incide en la muestra. El ángulo de difracción del rayo difractado ( $2\theta$ ) varía en función de la estructura de la red cristalina, identificativa de cada variedad mineral. Obtenido este ángulo y mediante la ley de Bragg, se calculan los espaciados existentes entre cada uno de los planos cristalográficos, característicos de cada mineral. Cada uno de los ángulos de difracción quedan representados en una serie de picos, y el conjunto de estos picos se denomina difractograma de Rayos X.*

*Cada mineral tiene su serie de picos característicos y su identificación es posible atendiendo a sus cinco o seis picos de mayor intensidad. Naturalmente, muchos picos de muchos minerales coinciden, pero podemos discriminar porque normalmente tenemos una idea bastante aproximada de la mineralogía que se desea identificar. Para poder determinar minerales mediante esta técnica, es condición imprescindible que tengan estructura cristalina y que en la fracción pulverizada se encuentren en una proporción superior al 5%.*

*El difractograma obtenido para la piedra de Bernuy corrobora las observaciones realizadas de visu y bajo el microscopio petrográfico, respondiendo efectivamente la muestra analizada a una dolomía. La difracción indica que el mineral principal es concretamente una dolomita férrica, al presentar los tres picos de mayor intensidad de dicho mineral. Así, los picos obtenidos en los ángulos  $2\theta$  de 30.84 (intensidad relativa de 100), 41 (intensidad relativa de 15) y 44,88 y 50,80 (ambos con una intensidad relativa de 12), son los principales picos identificativos de la dolomita férrica. Se han obtenido otra serie de picos de menor intensidad igualmente correspondientes a la dolomita férrica, representados en los ángulos  $2\theta$  de 23.96, 24.60, 33.36, 37.36, 43.62, 50.26 y 63.16. El pico de 33.36 es también identificativo de los óxidos de hierro, sustancias coloidales y por tanto menos cristalinas, de ahí que algunos picos de la dolomía férrica aparezcan más anchos hacia su base.*

*También el cuarzo, mineral reconocido en la petrografía, es identificado en el difractograma. Los picos que aparecen en los ángulos  $2\theta$  de 20.92 y 26.64 son característicos de este mineral. La Difracción de Rayos X permite la identificación de la microclina, feldespato potásico no reconocido al microscopio petrográfico, al presentar el difractograma su pico característico en el ángulo  $2\theta$  de 27.5. También aparece algo de calcita, probablemente correspondiente al material existente previo al proceso de dolomitización, identificada en el pico de ángulo  $2\theta$  de 29.66.*

*Finalmente, en los picos iniciales del difractograma se identifica la esmectita, arcilla neoformada ya en el terciario durante procesos diagenéticos posteriores a la dolomitización acontecida, debido nuevamente a la modificación del pH básico al un pH ácido. La presencia de esta arcilla neoformada puede estar relacionada con el inicio de la alteración de la dolomita ya comentada en la descripción petrográfica.”*



**Fig 5.** Difractograma de Rayos X correspondiente a la dolomía de Bernuy.

Sm (esmectita), Q (cuarzo), Df (dolomía férrica), M (microclina), C (calcita) y OFe (óxidos de hierro).



## II.1.2. Cantera y extracción

Las rocas sedimentarias suelen depositarse formando capas estratificadas horizontales y paralelas (fig. 461 y 462). La dolomía de Bernuy “Se extrae de un frente alargado de varias decenas de metros, sobre un banco calizo de 6 a 8 m. de potencia”<sup>418</sup> <sup>419</sup>



Fig. 461. Parte derecha de la cantera de dolomía de Bernuy (Segovia).



Fig.462. Fotografía de la parte izquierda de la cantera de dolomía de Bernuy (Segovia). Se observa el material sedimentario y zona dolomítica inferior.

<sup>418</sup> **Potencia:** “10 Geol. Espesor de un estrato o formación geológica.” *Gran Enciclopedia Universal*. Vol. 14. Madrid: Espasa Calpe, 2004. p. 9524.

<sup>419</sup> ROC MAQUINA. *Anuario de piedras naturales de España*. 10ª Ed. Vizcaya: Roc Maquina, 1997. p. 644.





*Fig.463. Grandes bloques cubicados extraídos, medidas aproximadas de dos metros de altura y tres de longitud.*

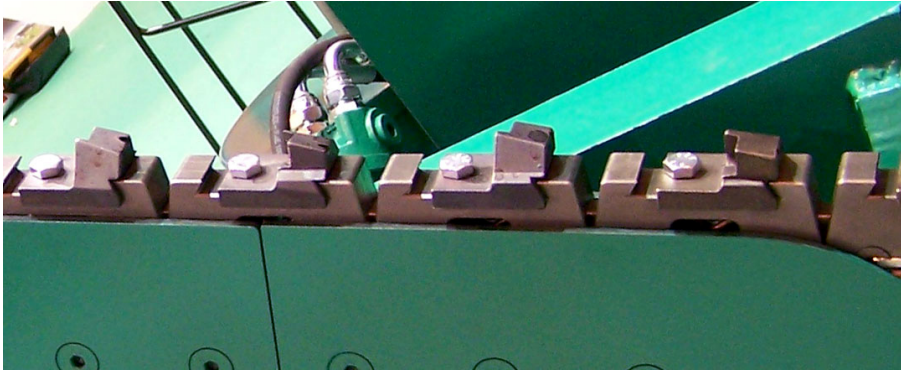
La zona de extracción está situada en el término de Bernuy de Porreros (Segovia) a unos diez kilómetros de la capital, allí se extraen bloques cúbicos de grandes dimensiones (fig. 463). Principalmente se usa la máquina de brazo móvil diamantado o corte con rozadora (fig. 464) *“La máquina se compone de un brazo móvil y orientable sobre el que se desliza una cadena provista de dientes cortantes de carborundo o diamante [...] El conjunto es accionado por un motor eléctrico y se desplaza a través de carriles dispuestos en la dirección del corte deseado”*<sup>420</sup>



*Fig. 464. Máquina rozadora de corte. Cantera de dolomía de Bernuy (Segovia).*

---

<sup>420</sup> AZCONEGUI, F.; A. CASTELLANOS. (Coords.). *Guía práctica de la cantería: El trabajo de la piedra*. León: Taller Editorial, Escuela Taller de Restauración “Centro Histórico” de León, 1993. p. 17



*Fig.465. Detalle de los dientes de corte de una máquina rozadora. "Piedra. Feria de Madrid 2008".*

La empresa de transformación con el nombre *Pigramar* se encuentra en el término de La Lastrilla a tres kilómetros de la capital de Segovia donde se trabaja y comercializa la dolomía en forma de placas o tablas de distintos grosores, fundamentalmente para aplacados de paredes. También se realizan sillares y elementos torneados o fresados como columnas, dinteles, bolas, peanas y balaustres.



*Fig.466. Maquinaria de corte vertical de las piedras en placas por medio de disco con dientes diamantado y agua.*





*Fig.467. Zona de transformación de la dolomía en La Lastrilla (Segovia). Propiedad de la empresa extractora Pigramar.*



*Fig.468. Maquinaria, disco de corte vertical.*



*Fig. 469 .Piezas ornamentales realizadas en Dolomía de Bernuy. Pigramar empresa extractora y transformadora de esta roca.*





### **II.1.3. Deterioro natural de la piedra. Factores.**

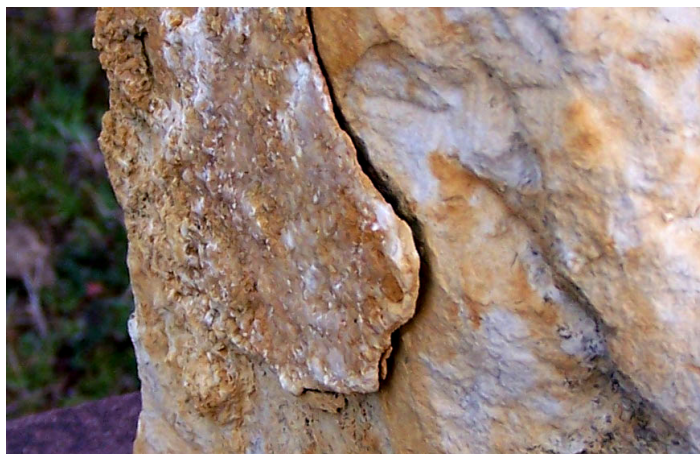
En este apartado se indicarán las principales causas de deterioro que sufre la dolomía. Es importante tener en cuenta que el agua es el factor desencadenante del conjunto de reacciones que conllevan la degradación de la piedra situada a la intemperie. La humedad actúa como agente catalizador de deterioro ya que no existe ninguna roca completamente impermeable o insensible a ella.<sup>421</sup>



*Fig.470. Detalle. Deterioro estructural de la piedra. Granito. Acueducto de Segovia. Se observa el deterioro del grano de la piedra y su lenta disgregación.*

#### **Hielo**

Cuando las temperaturas disminuyen por debajo de 0 °C y los capilares de la piedra contienen humedad se produce un gran deterioro micro y macro-estructural de la piedra. Al helarse el agua aumenta de volumen produciendo micro fisuras en los capilares. Las fisuras también facilitan la entrada de grandes cantidades de agua, siendo muy perjudiciales en heladas por la rotura física de grandes partes de piedra (fig. 471). En zonas donde se producen heladas sería conveniente evitar la entrada de agua en la piedra porosa.



*Fig.471. Detalle de grieta en dolomía producida en la dirección de sedimentación de la piedra y fracturada por causas naturales. El fragmento terminará desprendiéndose por la penetración de agua y la acción de las heladas.*

Además el agua “*abre el sistema poroso*” de la piedra al dilatarse y contraerse con los cambios de temperatura,<sup>422</sup> con lo que a su vez permitirá la entrada a mayores cantidades de agua y se aumenta con ello las condiciones de deterioro.

<sup>421</sup> KEIM, Adolf Wilhem. *The prevention of dampness in buildings*. London: Scott, Greenwood and Co., 1902. p.5

<sup>422</sup> MINGARRO MARTÍN, F. “Procesos de degradación de la piedra en el Patrimonio Histórico” *Patrimonio: Histórico de Castilla y León*. Julio-Agosto-Septiembre 2000, Año I, Num. 2. Valladolid. p. 19.

### **Viento**

El viento además de llevar partículas que ocasionan la erosión produce un daño más grave si va acompañado con humedad, ésta puede ser de origen ambiental, de lluvia o provenir del suelo por ascensión capilar. El viento hará que la humedad y el agua penetren en profundidad en los capilares, con ello su evaporación es más lenta y la dilución de las sales de la piedra mayor. Es normal observar sobre muros húmedos azotados por el viento la alveolización del material pétreo (fig. 472).



*Fig. 472 .Alveolización de dolomía.*

### **Sales**

La presencia de agua en los capilares de la piedra hace que se diluyan las sales solubles, éstas pueden proceder del interior, por ascensión capilar desde la base o de la atmósfera. Cuando cambian las condiciones climáticas, y durante el proceso de evaporación del agua, se produce la migración de las sales hacia la superficie exterior. Las sales así se acumulan en la superficie externa de la piedra cristalizando en el interior de los capilares y aumentando de volumen, lo que produce daños micro-estructurales en el interior de los mismos y costras superficiales.<sup>423</sup> Este lento proceso puede llevar años hasta que se percibe el deterioro a nivel visual en modo de disgregación, descamación, exfoliación, etc.

### **Contaminación atmosférica**

Los contaminantes atmosféricos son uno de los factores extrínsecos (o ambientales) que producen una alteración rápida de la piedra.<sup>424</sup> Su acción degradante se produce sobre piedras húmedas por los ácidos atmosféricos [Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub> (ácido carbónico), Nitrógeno (ácido nítrico), Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub> (ácido sulfúrico)], elementos componentes, entre otros, de atmósferas con polución.<sup>425</sup>

---

<sup>423</sup> CARBONELL DE MASY, Manuel. *Observación y restauración de monumentos: Piedra, cal, arcilla*. Barcelona: Vanguard Gráfico, 1993. pp. 72-78

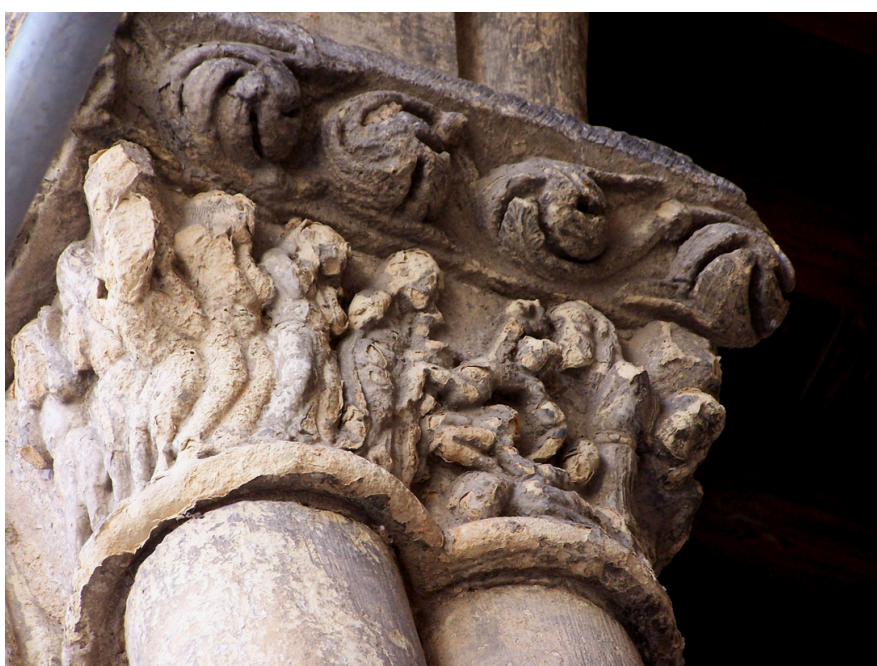
<sup>424</sup> APARICI, Susana; Juan Carlos ALVAREZ. "Anuario de materiales de construcción 1984: El deterioro de la roca natural como material de construcción y la acción del agua." Tutor: Carlos Olmos. Cátedra de Construcción I. ETSAM. Dpto. de publicaciones de arquitectura E.T.S.A.M, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 1984. p. 4

<sup>425</sup> MINGARRO MARTÍN, F. "Procesos de degradación de la piedra en el Patrimonio Histórico" *Patrimonio: Histórico de Castilla y León*. Julio-Agosto-Septiembre 2000, Año I, Num. 2. Valladolid. p.21



También por acumulación del polvo y suciedad atmosférica que se depositan en la superficie y no son lavadas por el agua de lluvia (bajo zonas salientes). Afectando especialmente a las superficies húmedas (por lluvias, nieblas, condensación, humedad ambiental), aconteciendo que cuanto más tiempo retengan la humedad más serán atacadas por los ácidos.

*“Primero se oscurece y se recubre de una pátina que generalmente contiene sulfatos; posteriormente el espesor de la pátina aumenta hasta formarse una especie de costra, que después se expande u acaba descomponiéndose en sus gránulos originales por haber perdido sus componentes elementales; por fin la costra se desprende y aparece una nueva superficie de material para ser deteriorada de nuevo.”<sup>426</sup>*



*Fig. 473. Detalle. Capitel de la Iglesia románica de San Martín (Segovia).*

*Se observa la exfoliación de las figuras talladas en dolomía, presentando una costra negra en superficie, que se desprende dejando a la vista el material deteriorado y disgregado.*

Las costras formadas por una fina capa oscurecida de poros obstruidos y dura suelen ir seguidas de una zona blanquecina de consistencia arenosa degradada por la migración de sales y componentes cementantes de la piedra<sup>427</sup>. La capa externa endurecida y con poros obstruidos termina desprendiéndose de la disgregada capa inferior, y se produce la exfoliación de la piedra dejando el material alterado a la intemperie, el cual en contacto con la humedad acelera su degradación (fig. 473 y 474).

En cuanto a la prevención de un exceso de humedad es muy importante evitar la ascensión de agua por capilaridad ya que suele estar cargada de sales solubles del suelo (sobre

<sup>426</sup> APARICI, Susana; Juan Carlos ALVAREZ. “Anuario de materiales de construcción 1984: El deterioro de la roca natural como material de construcción y la acción del agua.” Tutor: Carlos Olmos. Cátedra de Construcción I. ETSAM. Dpto. de publicaciones de arquitectura E.T.S.A.M, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 1984. p. 19

<sup>427</sup> APARICI, Susana; Juan Carlos ALVAREZ. “Anuario de materiales de construcción 1984: El deterioro de la roca natural como material de construcción y la acción del agua.” Tutor: Carlos Olmos. Cátedra de Construcción I. ETSAM. Dpto. de publicaciones de arquitectura E.T.S.A.M, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 1984. p. 33.



todo sulfatos)<sup>428</sup>. Para evitarlo es preciso aislar la escultura en la base inferior pudiéndose utilizar productos de impregnación hidrofugantes o resinas epoxídicas, aunque además sería adecuado colocar una superficie o plataforma que evite el contacto directo de la pieza con el suelo de tierra.



*Fig.474. Escultura de león con escudo del patio del enlosado de la Catedral de Segovia, realizado en dolomía y deteriorado por acción biológica de microorganismos, disolución de sales y contaminación ambiental. Entorno urbano.*

### **Microorganismos**

Las algas se encuentran relacionadas con la temperatura cálida y la humedad, produciendo la retención de la humedad y así mayor dilución de las sales de la piedra. Además de que la piedra al permanecer más tiempo húmeda sufrirá más la acción degradante de la contaminación atmosférica (fig. 475).

---

<sup>428</sup> APARICI, Susana; Juan Carlos ALVAREZ. “Anuario de materiales de construcción 1984: El deterioro de la roca natural como material de construcción y la acción del agua.” Tutor: Carlos Olmos. Cátedra de Construcción I. ETSAM. Dpto. de publicaciones de arquitectura E.T.S.A.M, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 1984. p. 16.



*Fig. 475. Dolomía de Bernuy afectada por algas, presenta un color verdoso.*

La dolomía es atacada por diversos microorganismos (fig. 476). Los microorganismos autótrofos se desarrollan a partir de materia inorgánica y sales minerales de la piedra con ayuda de la luz, el aire y agua, segregando sustancias nocivas que favorecen el deterioro de la piedra. Las bacterias también forman costras pardas negruzcas.



*Fig.476. Detalle, dolomía de Bernuy. De izquierda a derecha placas menos y más afectadas por microorganismos, se observa la aparición de la pátina negra natural, causada por microorganismos.*



Los líquenes también son muy destructivos y están formados por un alga y un hongo. Comienzan a aparecer sobre la piedra en zonas no contaminadas y se alimentan de la propia piedra.

*Fig.477. Dolomía de Bernuy situada en un ambiente natural sin contaminación, con crecimiento de líquenes de diversos colores.*



En la fotografía (fot. 478) se puede observar una dolomía de Bernuy con acabado superficial de gradina que ha estado expuesta a la intemperie siete años en un entorno natural. En su superficie se aprecia el crecimiento de pequeños líquenes y la presencia de microorganismos (zonas negruzcas) principalmente en la parte de la piedra orientada al norte. Además se observa cierta erosión superficial y los poros de la piedra se aprecian visualmente, lo que no ocurre en la piedra que no ha estado expuesta a la intemperie.

*Fig.478. Dolomía de Bernuy situada en un ambiente natural sin contaminación.*

Los microorganismos aceleran el deterioro de la piedra y producen sustancias nocivas que producen su disgregación formando sobre ella el color característico de la llamada pátina natural, el color de esta pátina dependerá del emplazamiento de la piedra y de las condiciones atmosféricas a las que se va a ver expuesta.



### **Factores antropogénicos**

Son aquellos signos de deterioro causados por la acción humana. Los golpes y caídas producen en la piedra desde arañazos superficiales hasta fracturas internas del material. También influirán los golpes de labra y el tratamiento superficial, siendo las labras toscas y con fuertes incisiones susceptibles de favorecer el deterioro.

### **Otros**

Se deberán evitar los excrementos de aves, ya que son perjudiciales al formar sales de nitratos altamente degradantes de la piedra.

Con esto finalizo este apartado centrado en la descripción de la dolomía de Bernuy y de los aspectos físicos fundamentales que van a condicionar su trabajo. A continuación se indicará el trabajo escultórico específico para desarrollar una escultura con esta piedra para su posterior policromía.



## II.2 TÉCNICA Y METODOLOGÍA PARA ESCULPIR LA DOLOMÍA

### II.2.1 TRABAJO EN PIEDRA. Elección del bloque, roturas y realización de una imposta.

La piedra sólo precisa que se utilice para representar una obra de arte y en ello pone su voluntad el artista. La dolomía de Bernuy es una piedra que se trabaja muy bien en escultura porque:

- No se producen líneas de fractura al trabajarla ni se desprende en lajas.
- Se puede lograr un acabado superficial excepcional ya que su finura de grano y su compacidad permiten desarrollar los más delicados detalles sin que se produzca disgregación en las aristas. Además se pueden realizar volúmenes relativamente abiertos.
- Su color claro permite apreciar el desarrollo volumétrico.
- Presenta una dureza muy apropiada para la talla manual.
- Muy adecuada para desarrollar una policromía posterior por su porosidad, color superficial y tonalidad clara (ocre amarillento claro con moteados de óxidos de hierro muy suaves).



*Fig. 479 .Izquierda. Filigrana del gótico flamígero y restos muy deteriorados de policromía azul granate y dorados.. Portada de la capilla del Claustro. Catedral de Segovia. Fot. A. Sánchez Davía.*



*Fig. 480 .Derecha. Detalle de la filigrana realizada en piedra de la portada de la iglesia del Monasterio de Santa Cruz la Real. Siglo XV. Fot. A. Sánchez Davía.*

Para esculpir la dolomía y otras piedras claras es muy importante trabajar con luz indirecta lateral. Una iluminación frontal a la pieza aplanará visualmente las formas al eliminar el claroscuro, desvirtuando el volumen real de la pieza y dificultando su percepción. También es importante la intensidad de la luz, no conviene trabajar bajo luz directa del sol ya que al ser muy luminosa e intensa crea contrastes muy duros entre la zona iluminada y la zona de sombra.

La facilidad de talla de las piedras blandas se puede observar tanto en obras arquitectónicas como escultóricas (figs. 479 y 480), aunque el esplendor de la pieza conseguida dependerá principalmente de la destreza del escultor en la talla de estos tipos de piedra.



*Fig. 481. Virgen con el niño (1496). Piedra caliza de las canteras de Madrona, con restos de policromía en los pliegues. 178 x 65 x 35 cm. Autor, Sebastián de Almonacid. Monasterio de Santa María del Parral. Segovia. Fot. A. Sánchez Davía.*

En Segovia, a lo largo de la historia han existido diversas canteras cercanas a la capital de donde se han extraído grandes cantidades de piedra. Las más conocidas fueron las del Parral, de ellas se extrajeron grandes cantidades de dolomía para la construcción de numerosos monumentos, detalles arquitectónicos y esculturas para la capital. De las canteras de Madrona, actualmente desaparecidas, se extraía piedra caliza blanca, más blanda pero poco resistente a la intemperie.



*Fig.482. Detalle de la parte derecha del manto de la Virgen con restos de policromía. Piedra caliza Autor, Sebastián de Almonacid. Monasterio de Santa María del Parral. Segovia. Fot. A. Sánchez Davía.*



Actualmente en Segovia existen dos canteras de las que se extrae piedra adecuada para escultura. Una está localizada en Bernuy, de la que se extrae dolomía. Otras canteras están situadas en los alrededores de Sepúlveda (Villar de Sobrepeña, Aldehuela de Sepúlveda y Castroserracín)<sup>429</sup>. De ellas se extrae la llamada piedra de Sepúlveda, que es una caliza de color rosado o crema y poro muy abierto bastante dura para el trabajo manual.

*Fig. 483. Botareles y barandilla gótica de la Catedral de Segovia. Realizada principalmente con piedra de las canteras del Parral (dolomía), cercanas a la capital. Aprox. siglo XVI. Fot. A. Sánchez Davía.*

<sup>429</sup> GARCÍA, José Ignacio; Juan Manuel BÁEZ. *La piedra en Castilla y León*. Salamanca: Junta de Castilla y León, Consejería de Industria, Comercio y Turismo, 2001. Ficha nº 25. p.231





Fig.484. Portada de la iglesia del Monasterio de Santa Cruz la Real. Atribuida a Juan Guas. Siglo XV. Gótico Isabelina, bajo el arco trilobulado se encuentra un alto relieve de la Piedad. Fot. A. Sánchez Davía.

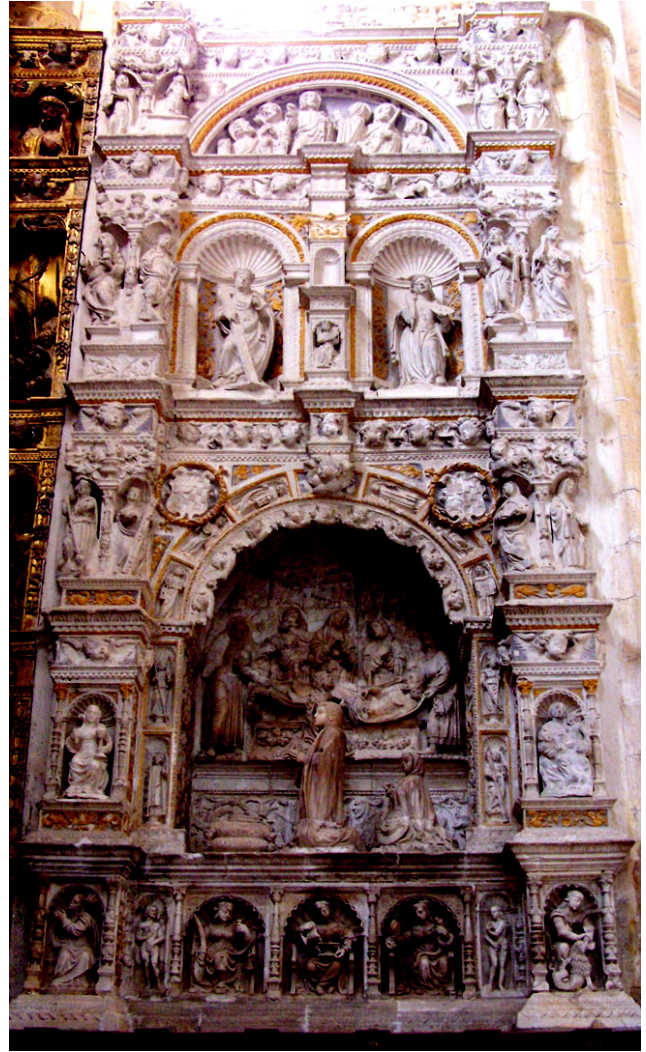


Fig.485. Sepulcros laterales del presbiterio de la Capilla Mayor de la iglesia del Monasterio de Santa María de El Parral. Mujer del marqués de Villena. Labrado, en alabastro en la parte inferior y piedra la parte superior, por Juan Rodríguez y Lucas Giraldo. Estilo plateresco hacia 1528. Encalados y dorados. Fot. A. Sánchez Davía.

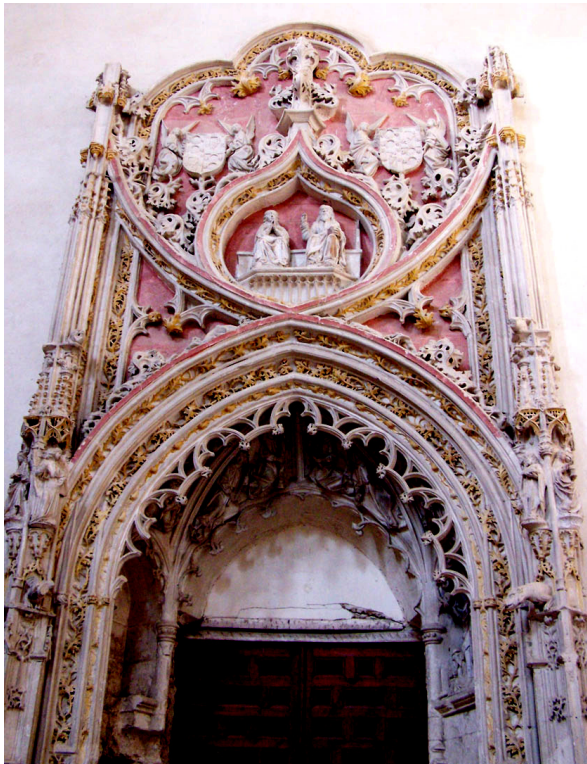


Fig.486. Portada plateresca de acceso a la sacristía, Capilla Mayor de la Iglesia del Monasterio de El Parral. Obra de Juan Guas, construida en torno a 1500. Fot. A. Sánchez Davía.



Para esculpir la dolomía es preciso que las herramientas tengan un filo agudo y bien cuidado para que el tallado se realice con cortes limpios. Las herramientas romas machacan la superficie sin penetrar en la piedra y el trabajo resulta agotador. Es necesario afilar las herramientas en la piedra de esmeril, mojándolas de vez en cuando durante el afilado para que no pierdan el temple<sup>430</sup>.

Al esculpir la dolomía se nota cual es la dirección de la piedra o *ley de cantera*, ya que si golpeamos en la dirección de la ley (o dirección de sedimentación de la piedra) se desprenden trozos grandes o lascas de piedra gruesas dejando un hueco cóncavo bastante profundo. Es preciso tenerlo en cuenta al tallar detalles ya que puede desprenderse un trozo de piedra mayor de lo que pretendemos. Cuando se trabaja en sentido contrario los pedazos desprendidos son más pequeños y la talla es algo más costosa.

*“En las rocas sedimentarias, las capas o bancos que las forman se presentan en posiciones diversas inclinadas en todos sentidos, dobladas, torcidas, engruesadas, disminuidas y con otros mil accidentes causados por los sacudimientos que han sufrido las primeras capas del globo, a los cuales se les llama huella, dirección o ley de cantera”.*<sup>431</sup>

## **Elección del bloque, roturas y realización de una imposta.**

### **Elección del bloque**

La dolomía se puede adquirir en un bloque cortado con disco, esto encarece el material pero facilita y agiliza el trabajo escultórico ya que las mediciones serán exactas. El bloque no ha de presentar grietas ni coqueras<sup>432</sup> y ha de ser compacto, lo cual se comprueba si al golpearlo con una maza produce un sonido limpio y sordo, indicativo de que no existen fisuras internas.

Ha de ser un bloque extraído recientemente de cantera con una apariencia limpia y signos de haber sido recientemente cortado. La dolomía se endurece con el paso del tiempo y se vuelve más frágil. Si ha estado a la intemperie presentará una pátina natural de color más oscuro, negruzco o verdoso por la presencia de microorganismos, algas, eflorescencias de sales y suciedad, los poros serán más evidentes y la superficie ligeramente erosionada.

---

<sup>430</sup> **Temple:** “II Punto de dureza o elasticidad que se da a un metal, al cristal, etc., templándolos.” *Diccionarios Everest, Corona Lengua Española*. 6ª Ed. León (etc.): Everest, 1974. p.1362.

<sup>431</sup> FERRADA, Ventura. *Tratado elemental de las rocas y materiales más usados en construcciones o manual práctico recopilado de datos necesarios y esenciales al mejor conocimiento de unas y otros*. Madrid: Imprenta de J. Limia y G. Urosa, 1868. p. 70

<sup>432</sup> **Coquera:** “f. Hueco de poca extensión en la masa de una piedra” *Diccionarios Everest, Corona Lengua Española*. 6ª Ed. León (etc.): Everest, 1974. p. 414.



*Fig.487. Bloque de piedra dolomía de Bernuy en el que se observa el corte de disco de cantera. No presenta imperfecciones coqueras o fisuras.*

El acabado superficial de la piedra es muy importante, las texturas diversas inciden en el aspecto visual y también sobre su cualidad táctil, siendo un elemento de desarrollo expresivo y de contraste en la escultura en piedra.

### **Roturas en la piedra**

Una posibilidad es utilizar pegamento para piedra color crema, que es una masilla bicomponente de resina epoxi y fraguado muy rápido. Los trozos rotos han de pegarse lo antes posible ya que de lo contrario no ajustarán correctamente, si las piezas ajustan bien apenas se nota la rotura pegada y no interfiere en la policromía al silicato. En el caso de reintegraciones se mezclará la masilla con una cantidad de polvo de la propia piedra para igualar el tono y aportar a la resina cierta porosidad.

Si no es posible reintegrar una zona con un trozo de la propia piedra natural se puede utilizar un mortero bastardo muy fino de cal, arena y una pequeña cantidad de cemento blanco y aplicarlo humedeciendo previamente la superficie (esto permitiría el policromado de la zona con silicato). Para ello podemos mezclar 1 volumen de cal aérea con 3 volúmenes de arena silícea muy fina o de cuarzo y un poco de cemento blanco, pigmento ocre amarillo *“La arena que se mezcla con la cal tiene, entre otras funciones la de disminuir la contracción que tiende a producirse en el mortero en el momento de endurecimiento de la cal. Nunca debe usarse en acabados la cal sola sin arena, pues reproducen figuraciones del enlucido. En general, los revocos de cal y arena son de composición 1:2 a 1:3, siempre medido en volumen”*<sup>433</sup> Sería necesario hacer unas probetas con distintos agregados de arenas finas y adiciones de cemento para elegir el más aproximado a la piedra.

<sup>433</sup> GARATE ROJAS, Ignacio. *Artes de la cal*. Madrid: Ministerio de Cultura, Dirección General de Bellas Artes y Archivos I.C.R.B.C., 1993. p.137.



## Proceso de realización de una imposta

1º Marcado de la forma del dibujo a tallar en el lateral con una plantilla rígida.

2º desbaste con puntero

3º Marcado de la “tirada” que delimita la arista exterior. Se realiza siguiendo la línea de la arista con el cincel plano y delimitando la inclinación del plano que hemos de trazar.

4º Aproximación al plano con el puntero.

5º Igualado de la superficie mediante gradina de dientes planos.

6º Marcado con lapicero las líneas de las aristas exteriores de la imposta, y tallado de la tirada.

7º Profundización en los entrantes (con gradina y cincel plano) siguiendo a la vez la tirada y la forma lateral marcada por la plantilla.

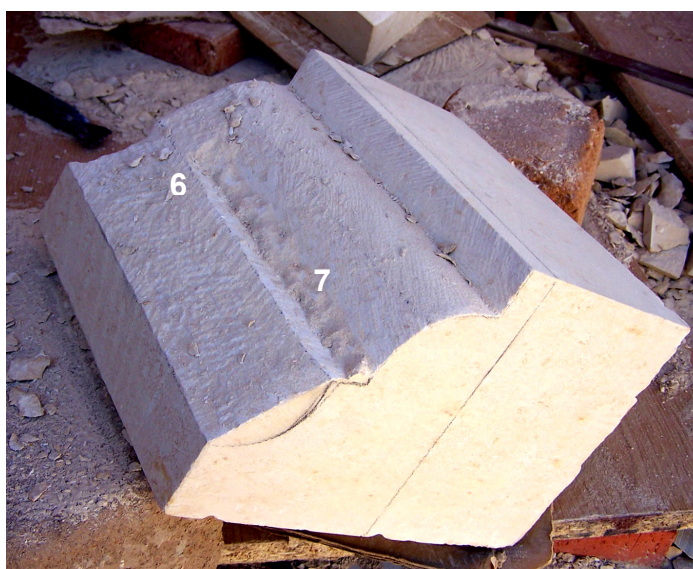
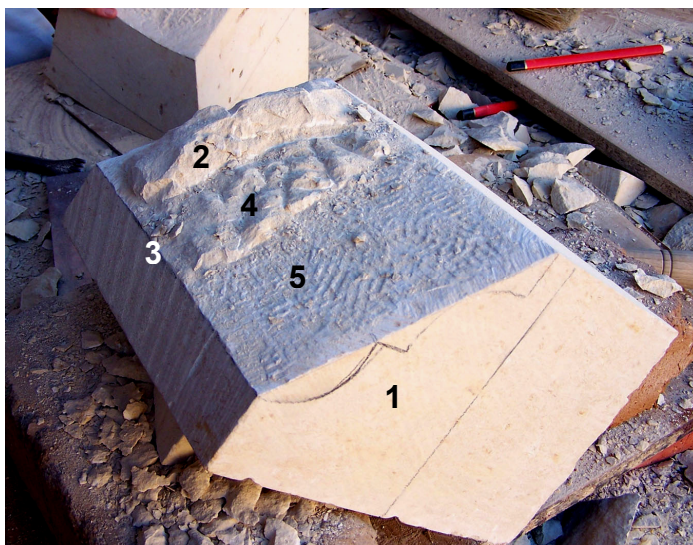


Fig. 488. A. Sánchez Davía. Imposta en dolomía de Bernuy. Fot. A. Sánchez Davía.



Fig. 489. Arco de medio punto oblicuo.



Fig. 490. Dovelas de un arco de medio punto e impostas en dolomía de Bernuy. CIAT. Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional, Boceguillas, Segovia. Fot. A. Sánchez Davía.



## II.2.2 MÉTODOS

### II.2.2.1 Esculpir la piedra mediante “talla directa”

El proceso sustractivo de la escultura en piedra está condicionado por su carácter irreversible, un error puede significar un elemento volumétrico irremplazable, lo que obliga a trabajar tomando constantemente decisiones acertadas sobre un material duro y a la vez frágil.

En la época egipcia eran especialistas en la *talla directa*, solían utilizar dibujos de la escultura final con las principales vistas de la pieza, que pasaban al original mediante cuadrícula. La escultura se realizaba abordando la piedra en sentido ortogonal desde cada una de las vistas. Se servían de líneas de dibujo y referencia sobre la propia pieza, estas líneas eran la base estructural de la policromía que se aplicaba a continuación sobre la pieza (fot. 491).

El retrato de tamaño natural de Nefertiti (fig. 491) muestra una forma perfecta, idealizada y naturalista, destinada a vestir una peluca o corona. En ella se observan las líneas negras de párpados y cejas y los labios rojos “[...] y las líneas guía negras bajo los ojos y sobre los labios indican el intento del escultor para trabajar sobre ellos más, marcándolos un poco más. La línea guía central dividiendo la cara verticalmente es también en su lugar. Muy raro en la escultura egipcia somos permitidos vividamente una visión momentánea de la mano de un gran maestro, perfeccionando su trabajo”<sup>434</sup>



Fig. 491. Cabeza de Nefertiti, dinastía 18ª, cuarcita, alt 33 cm. MEC JE 59286.Fotografía<sup>435</sup>.

En la fotografía se observa que la línea central marca el eje fundamental para mantener la simetría de la escultura, a partir de ella se trabaja el volumen.

Es impresionante la fuerza que presentan estos retratos egipcios aún inacabados, donde se mezcla escultura dibujo y pintura. En este proceso escultórico de encaje, simetría e interpretación formal, son esenciales las líneas de dibujo y color sobre el volumen de la piedra que se está esculpiendo.

<sup>434</sup> RUSSMANN, Edna R. *Egyptian Sculpture: Cairo and Luxor*. London: British Museum Publications, 1990. pp. 118-119

<sup>435</sup> DAMIANO, Mauricio. *Antiguo Egipto: El esplendor del arte de los faraones*. Milán: Electa, 2001. p.211.



Fig.492.Cabeza de Nefertiti. Serenidad y perfección estética y elegancia se muestran en todo su esplendor en el trabajo inconcluso del escultor de corte de Djehutymose (o un alumno) De Amarna, dinastía 18ª, caliza alt 30 cm. BÂM, N 21200. Fotografía<sup>436</sup>



Fig. 493. Vista frontal de la Cabeza de Nefertiti. Fotografía<sup>437</sup>

Para realizar una escultura en piedra mediante *talla directa* hay que tener una buena visión espacial, es decir “ver” o comprender la forma contenida en el bloque y conocer la técnica y metodología de talla; de lo contrario se suele empezar redondeando las esquinas del bloque, con lo que se pierde la noción del espacio y de la forma contenida, para después crear múltiples volúmenes sinuosos e irregulares con puntos de referencia poco concretos. La sensación de que se va a dañar lo que va a ser la pieza escultórica hace que el trabajo sea lento, impreciso, fatigoso e ineficiente. Aún para personas experimentadas la talla directa es siempre compleja y requiere un constante re-encaje de volúmenes en la reducción del volumen general.

*“Es muy útil para estudiantes la talla directa en piedra cuando están estudiando los principios de la escultura. Esto les enseñará más que semanas de argumentos en los libros. La resistencia de la piedra controla sus mentes, y les enseña por qué la piedra demanda formas sólidas [...] la consistencia plástica del barro es un intento para modelar no esenciales (gestos, detalles, expresiones...). La disciplina que la piedra y mármol imponen sobre el artista no obstante es incuestionable, el mejor maestro que un*

<sup>436</sup> DAMIANO, Mauricio. *Antiguo Egipto: El esplendor del arte de los faraones*. Milán: Electa, 2001. p.210.

<sup>437</sup> ROSS, Barbara. “Correspondence in Clay” *Aramco World*. November/December 1999. Published bimonthly, Vol 50, No. 6.Houston, Texas, USA. p.33.



*estudiante puede tener. Y presenta los mismos obstáculos a cualquiera que la aborde que infunde indivisa atención y tenacidad en el propósito, fuerza, mano continua e infinita paciencia”.*<sup>438</sup>

*Fig. 494. Ignacio. Talla directa realizada en dolomía de Bernuy, acabado a gradina. Medidas 31x 42 x 50. Año 2004. Fot. A. Sánchez Davía.*



La idea escultórica o el modelo a realizar en dolomía ha de tener unas formas relativamente cerradas o semi-abiertas, es decir, si fuera una figura humana no sería posible representarla con los brazos extendidos, ya que la dolomía no es una piedra tan tenaz como el mármol.

Los dibujos y el boceto tridimensional son para el escultor una referencia en la que se estudian proporciones, configuración y estructura de la pieza (fig. 495).



*Fig. 495. Boceto realizado en barro sin cocer, y de pequeñas dimensiones (18 cm. de altura) Autora: M. Ángeles Sánchez Davía. Además se realizaron diversos dibujos previos a la realización de la pieza, en escala 1:1 con las principales vistas de la escultura. Fot. A. Sánchez Davía.*

Los bocetos tridimensionales se preparan en materias blandas y con técnicas aditivas que permitan efectuar correcciones y plasmar ideas rápidamente.

La escultura en dolomía (fig. 496) se realizó directamente en la piedra teniendo como referencia visual el pequeño boceto en barro (fig. 495).

<sup>438</sup> HOFFMAN, Malvina. *Sculpture Inside and Out*. New York: WW Norton et Company Publishers, 1939. pp. 156-158





*Fig. 496. Ángeles Sánchez Davía. "Carlos". Talla directa en Dolomía de Bernuy, Año 2000. Acabado superficial de gradina, Medidas 50 x 40 x 71. Fot. A. Sánchez Davía.*

### II.2.2.2 Métodos manuales de copia del boceto

El modelo siempre parte de una idea, si ésta es compleja, lo mejor es plasmarla en un boceto tridimensional y si se quiere reproducir en piedra con gran precisión, lo mejor es utilizar un método de traslado de las medidas del volumen a la piedra. Esto no irá en detrimento de la pieza final sino más bien a su favor ya que nos ahorrará tiempo. En época egipcia se utilizaban los dibujos y se trasladaba a una cara del bloque mediante cuadrícula, mientras que en el siglo V en Grecia se comenzó a utilizar la plomada para pasar las medidas del boceto a la piedra.



Un método muy laborioso y poco eficiente es el de los tres compases. Fundamentalmente se basa en la toma de tres medidas, dos de ellas dan la altura del punto y la otra indica la profundidad. Y digo ineficiente porque es sumamente impreciso y conduce a constantes errores, sobre todo en los cambios de escala (fig. 497 y 498), además de ser un proceso muy lento, ya que en cada punto han de hacerse tres mediciones

Sin embargo el uso de un compás en escultura es útil para tomar medidas sobre el volumen.

*Fig. 497. M. Ángeles Sánchez Davía "Niño arrodillado". Boceto en escayola, empleado como modelo para la escultura, medidas 31 x 17,5 x 15 cm. En la base se observan los puntos utilizados para tomar las medidas. Fotografía A. Sánchez Davía.*



*Figs 498 y 499. M. Ángeles Sánchez Davía. “Niño arrodillado”, Mármol de Carrara, año 2002, Medidas 77 x 45 x 40 cm. Medidas de referencia iniciales tomadas mediante el método de los tres compases, debido a la imprecisión del procedimiento el acabado se realizó mediante talla directa. Fotografía A. Sánchez Davía.*

En escultura, para realizar ampliaciones o reducciones y copias a la misma escala del boceto, el método que proporciona más exactitud es el de la llamada *caja graduada*. Consta de una caja cuyas aristas metálicas están graduadas y de una aguja que se sitúa de forma ortogonal a la altura del punto a copiar, marcando así las coordenadas del punto deseado (figs. 500 a 502).



*Fig.500. Detalle. Aguja marcadora de la profundidad.*





*Fig. 501. Caja metálica realizada por Tomás Bañuelos para la ampliación de escultura. Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense, Madrid. 2008.*



*Fig. 502. Modelo a ampliar. Tomás Bañuelos. Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense, Madrid. 2008.*

Cuando la copia ha de ser a la misma escala que el modelo se suele utilizar la máquina de sacar puntos o instrumento de punteado de Scopas *“A partir del siglo XIX el método de la plomada fue sustituido por el de la cruceta (o de la maquinilla) [...] sólo una mínima parte de las esculturas en mármol del siglo XIX (y también del siguiente) es obra del artista que las ha ideado”*<sup>439</sup>. El escultor preparaba el boceto y retocaba la superficie final de la escultura, mientras que el artesano, utilizando este sistema, se encargaba de pasar la obra al mármol.

El instrumento de punteado de Scopas o máquina de sacar puntos es un artilugio compuesto por varios brazos articulados que pueden bloquearse por medio de un tornillo (fig. 503). En el extremo se encuentra el porta agujas, sobre él se desliza una aguja cuadrada en la que se ajusta un tope marcando la profundidad del punto que queremos trabajar. En el otro extremo del aparato una madera permite ajustarlo y sujetarlo a una cruceta (ver II.3 Realización de una escultura en dolomía. Procedimiento del sacado de puntos.)

<sup>439</sup> MALTESE, Corrado (Coord.). *Las técnicas artísticas*. Madrid: Cátedra, 1980. (Manuales de Arte Cátedra) p. 32





*Fig.503. Instrumento de punteado de Scopas o Máquina de sacar puntos. En la parte inferior la aguja marca puntos y a la izquierda una pinza de fijación rápida para sujetarlo a la cruceta.*

### **II.2.2.3 Pantógrafo**

Las últimas tecnologías en conservación y restauración están utilizando el escaneado del volumen en 3D mediante un rayo láser de baja potencia. Esta técnica permite obtener los datos tridimensionales digitalizados muy precisos sobre el volumen de la pieza sin dañar el original. El tamaño de la pieza escaneada puede ser desde varios centímetros a metros.

Esta tecnología se usa actualmente en departamentos de restauración y conservación del patrimonio con objeto de crear exhibiciones virtuales y educativas en museos, para el envío de información de un museo a otro, realizar copias de objetos arqueológicos o artísticos, reintegraciones y reconstrucción de objetos.

Una de las instituciones que actualmente lo están utilizando es el Centro Nacional de Conservación de los Museos de Liverpool (*The Conservation Centre of National Museums Liverpool*). Donde se han realizado copias de importancia relevante de las cuales se incluye un extracto en esta tesis. El proceso de digitalización es realizado por las máquinas con una precisión absoluta.

*“Un láser escanea trabajos con una fina tira de luz láser de baja potencia sobre la superficie del objeto. Una cámara digital graba la luz a la vez que esta es reflejada por la superficie. Las posiciones relativas de la fuente y de la cámara son conocidas. Esto permite que la superficie del objeto sea mapeado como unas series de datos o puntos en 3D, llamada “nube de puntos”. Las tecnologías en conservación en estos momentos usan ambas el Sistema de realización de maqueta (Modelmaker System (3D scanners)) y el V1-900 scanner (Minolta), dando una excepcional combinación sub-milimétrica de precisión y*

flexibilidad. La combinación de estos sistemas nos permite grabar una extremada gama de objetos de diferentes medidas. Los escáneres son portátiles, por eso grabar puede ser emprendida en casi cualquier emplazamiento.<sup>440</sup>



Fig. 504. Escáner portátil utilizado para digitalizar los datos de una escultura de bulto redondo. Taller de Restauración de Escultura, Facultad de Bellas Artes, UCM.

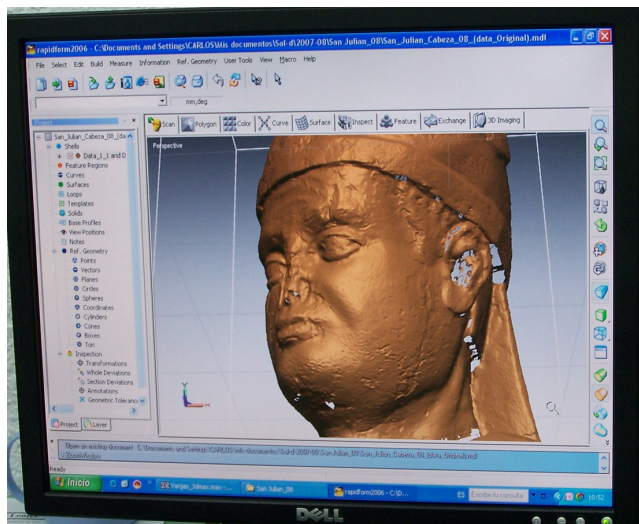


Fig.505. Detalle de la imagen digitalizada. Taller de Restauración de Escultura, Facultad de Bellas Artes, UCM.

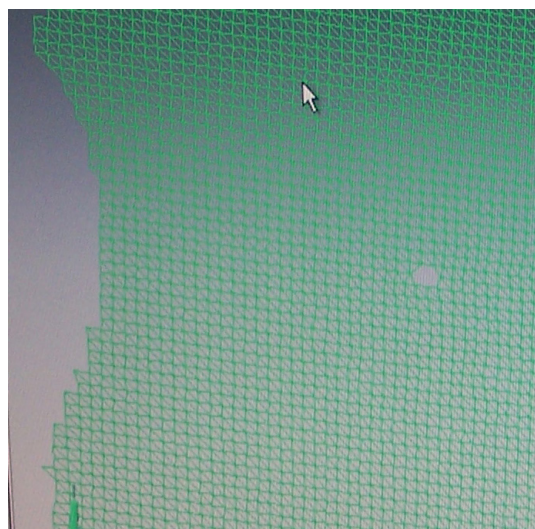


Fig.506. Malla digital formada por el escáner según los datos tomados del modelo. Taller de Restauración de Escultura, Facultad de Bellas Artes, UCM.2008.

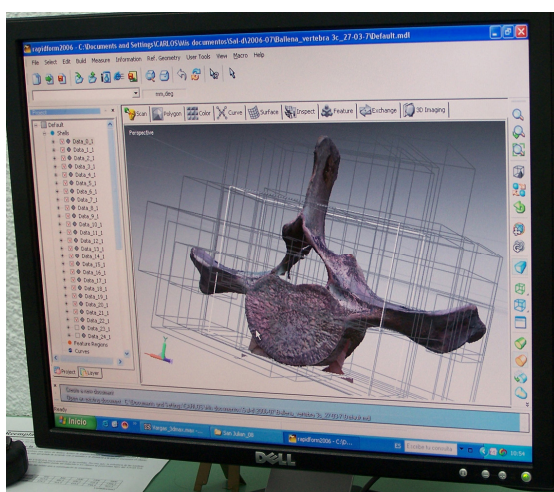
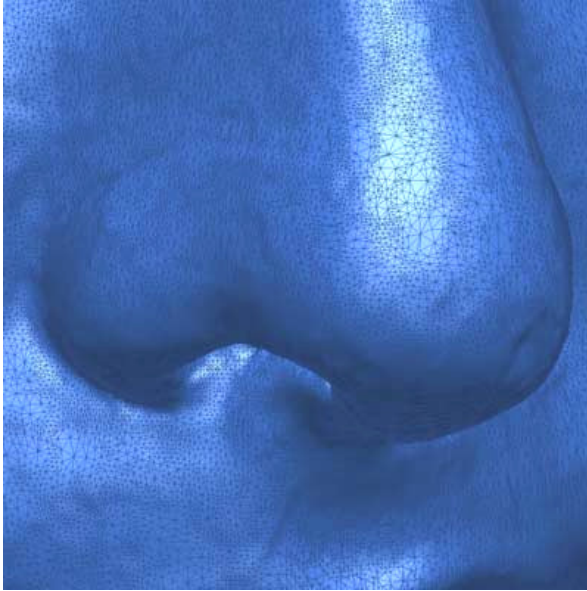


Fig. 507. Detalle de la imagen digitalizada de una vértebra. Taller de Restauración de Escultura, Facultad de Bellas Artes, UCM.

<sup>440</sup> MUSEUMS OF LIVERPOOL. *Conservation Technologies. 3D Recording.*  
<http://www.liverpoolmuseums.org.uk/conservation/technologies> [Consulta: octubre 2007]



Utilización del escáner 3D láser sin contacto con el modelo para realizar la réplica en mármol del busto del emperador romano Calígula. Encargado por The Ny Carlsberg Glyptotek Museum, Copenhagen. Realizado por The Conservation Centre, Liverpool.



3. Detalle del punteado de los datos presentados por la cabeza escaneada



4. Imagen en 3D de la cabeza de la escultura, renderizada y con una superficie suavizada.



5. Máquina tallando la réplica de la cabeza en mármol mediante Controlador Numérico Computerizado (CNC).



6. Esculturas, copia a la izquierda y original a la derecha.

*Figs.508. Proceso de copia y reproducción. Fotografías The Conservation Centre<sup>441</sup>*

<sup>441</sup> "Copying Caligula." *Conservation Technologies*. National Conservation Centre, National Museums of Liverpool. <http://www.liverpoolmuseums.org.uk/conservation/technologies/casestudies/caligula/index.aspx> [fecha de consulta 15 Julio 2008]



Escaneado y copia del retrato del Capitán Cook del siglo XVIII, encarga por The National Portrait Gallery, London y The National Trust. Realizado por: The Conservation Centre, Liverpool.



1. Escaneado láser del busto en mármol original del Capitán Cook en The National Portrait Gallery



2. Imagen digitalizada en 3D del modelo del Capitán Cook



3. Réplica del busto (en mármol de Carrara) durante el control de la máquina computerizada.



4. Réplica en mármol del busto después de terminado de la máquina y del acabado a mano. Réplica del busto sin patinar.



7. Original (arriba) y réplica (abajo) de los bustos de mármol del Capitán Cook en la exposición en Beningbrough Hall

*Figs. 509. Proceso de copia y reproducción. Fotografías The Conservation Centre.*<sup>442</sup>

---

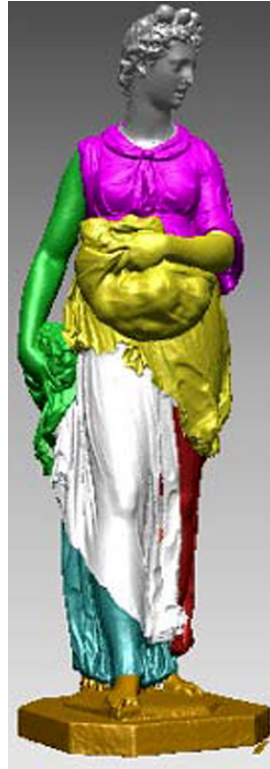
<sup>442</sup> “Replication of an 18th Century Bust of Captain Cook” *Conservation Technologies*. National Conservation Centre, National Museums of Liverpool.  
<http://www.liverpoolmuseums.org.uk/conservation/technologies/casestudies/captaincook/index.aspx> [Consulta Julio 2008]

Escaneado y copia de escultura en mármol de la diosa Pomona del siglo XVII, encargada por Het Loo Palace en Los Países Bajos. Realizado por: The Conservation Centre, Liverpool.

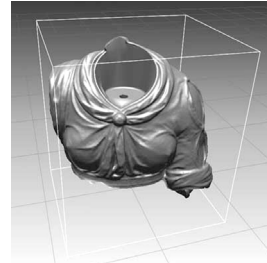
*Figs.510. Proceso de copia y reproducción. Fotografías The Conservation Centre.<sup>443</sup>*



1. Original de la escultura de Pomona en The Kensington Palace.



3. Imagen digitalizada del modelo de Pomona, coloreada mostrando las secciones a separar para la máquina.



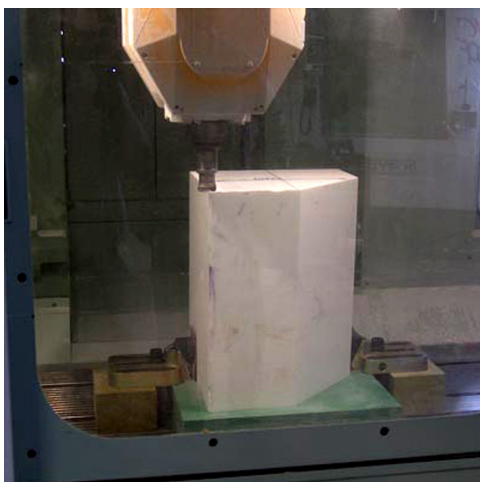
5. Modelo digitalizado 3D de la sección superior.



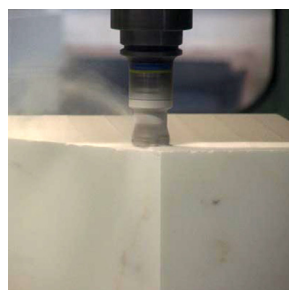
6. Modelo en pequeña escala mostrando 8 piezas para la réplica de la escultura



7. Comprobación de que las piezas encajan en el modelo reducido



8. Máquina controlada por ordenador (CNC) y bloque de mármol con los datos escaneados.



9. Detalle que muestra el desbastado del bloque de mármol por la máquina CNC



11. Sección media, parte elaborada

<sup>443</sup> "Replication of a 17<sup>th</sup> Century life-sized marble statue of Pomona." *Conservation Technologies*. National Conservation Centre, National Museums of Liverpool.  
<http://www.liverpoolmuseums.org.uk/conservation/technologies/casestudies/pomona/> [Consulta: 15 Julio 2008]



*Figs.511. Proceso de copia y reproducción. Fotografías The Conservation Centre.*<sup>444</sup>



*16. Réplica de la escultura parcialmente ensamblada, cerca de su finalización.*



*18. Réplica de la escultura expuesta en Het Loo Palace.*



*Fig.512. Detalle del acabado de una réplica realizada con pantógrafo de piedra. Feria de la piedra Madrid, 2008, IFEMA. Fotografía A. Sánchez Davía.*

La precisión del pantógrafo es muy buena pero la réplica requiere el acabado manual de la pieza (fig. 512). Actualmente los pantógrafos trabajan bloques de grandes dimensiones mediante un programa informático, estas máquinas no desprenden polvo ya que eliminan material a la vez que dirigen un chorro de agua sobre la zona trabajada.

<sup>444</sup> “Replication of a 17<sup>th</sup> Century life-sized marble statue of Pomona.” *Conservation Technologies*. National Conservation Centre, National Museums of Liverpool.  
<http://www.liverpoolmuseums.org.uk/conservation/technologies/casestudies/pomona/>[Consulta 15 Julio 2008]





*Fig. 513. Réplica realizada con pantógrafo de piedra, demostración sobre una escultura en mármol acabada de grandes dimensiones. Feria de la piedra Madrid, IFEMA, 2008. Fotografía A. Sánchez Davía.*

## II.2.3 HERRAMIENTAS



Fig. 514 .Herramientas de talla en piedra: de izquierda a derecha: 2 Mazas, lapicero, puntero, 2 gradinas de dientes de grano de cebada, gradina de dientes planos, 2 cinceles de uña, cincel plano, cincel para calados y escobilla. En la parte inferior gafas de protección.

**Gafas** - Las gafas de protección son imprescindibles y han de utilizarse constantemente puesto que es inevitable que salten partículas y trozos de piedra a los ojos; además protegerán del polvo que se desprende con la talla, el cual produce sequedad y cierta irritación ocular. Las gafas serán de plástico y han de cuidarse bien ya que se rallan con cierta facilidad (fig. 514).

**Ropa** - Ha de ser cómoda y adecuada al trabajo que se va a realizar.

**Escobilla** - Se puede utilizar un cepillo. Facilita la limpieza y retirada de partículas de la superficie tallada (fig. 514).

**Mazas** - Conviene tener dos mazas, una más pesada para el desbaste de la piedra (mediante escafilador y puntero) y otra más ligera para realizar detalles y acabado. En la fotografía se pueden ver dos mazas de campana (fig. 514), a la izquierda una maza ligera 0,5 Kg. y otra más pesada de un kilo a la derecha.

El golpeo ha de ser regular y continuo, se hará moviendo únicamente el antebrazo y efectuando un pequeño giro de la muñeca para que el golpe sea eficiente. Cuando dejamos caer la maza sobre la herramienta se ha de dirigir el golpe, aportando únicamente un poco de energía adicional, levantando ligeramente la herramienta de la piedra antes de efectuar el siguiente golpe. Es defecto común que las personas no habituadas a la talla efectúen el golpe con un movimiento de todo el brazo, e incluso que lo acompañen con la oscilación del cuerpo entero, lo que producirá un gran gasto de energía e incluso alguna lesión.



**Compresor-** Se puede facilitar la labor de talla de la dolomía mediante el uso de las herramientas con compresor, lo que implicaría: ruidos, vibraciones, disponibilidad de maquinaria y una fuente de energía eléctrica. Todo esto no es necesario para tallar la dolomía ya que es una piedra que se trabaja muy bien y rápidamente de forma manual.

### **II.2.3.1 DESBASTE (radial, escafilador, puntero)**

**Radial y disco de corte** - En las primeras fases de desbaste es muy útil el uso de una radial pequeña (fig. 516) ya que han de eliminarse grandes cantidades de piedra. Ha de tenerse en cuenta las molestias que ello conlleva tales como ruidos, peligrosidad, producción de grandes cantidades de polvo, y que precisa un espacio adecuado y una toma eléctrica.

Antes de conectar la herramienta es muy importante comprobar que esté bien colocado el protector de disco incorporado a la radial (de forma que nos proteja), que el disco esté bien apretado y que el interruptor se encuentre en la posición de apagado. Los discos más apropiados para trabajar la dolomía son metálicos y diamantados específicos para corte de piedra o materiales de construcción. No han de utilizarse discos de carborundo, dada su peligrosidad por rotura.

Para el trabajo con radial es esencial extremar las medidas de seguridad y protección personal. Se usará mono de trabajo o ropa ajustada, evitando las prendas holgadas. Los guantes se utilizarán con la radial únicamente si son suficientemente ajustados, ya que un guante amplio es causa de accidentes. Es recomendable también utilizarlos para el desbaste de la piedra, ya que hay que emplear golpes fuertes para eliminar más material; los guantes ayudarán a sujetar con firmeza la herramienta y protegerán ante posibles golpes con la maza en la mano portadora de la herramienta. Los guantes han de tener un tratamiento de goma antideslizante en la parte inferior (para evitar el deslizamiento de la máquina o herramienta en la mano) y a la vez han de ser transpirables (de tela en la parte superior) (fig. 515).

Cuando se utiliza una radial o maquinaria abrasiva es imprescindible el uso de mascarilla antipolvo (fig. 517), por las grandes cantidades de polvo que generan y sobre todo si se va a trabajar en un ambiente con poca ventilación. El uso de la mascarilla es obligado si se va a permanecer largo tiempo en ambientes con grandes cantidades de polvo o se tienen dificultades para la respiración nasal, ya que la respiración durante largo tiempo de finas partículas de polvo empeora las enfermedades respiratorias y son origen de una posible



alteración patológica de los bronquios o neumoconiosis.<sup>445</sup> Aunque los casos más comprometidos se presentan en la afección pulmonar por silicosis, ésta es producida por inhalación de polvo de sílice, el cual se disuelve en parte en el pulmón produciendo una alteración respiratoria crónica. Este mineral lo contienen piedras como las areniscas (cuarzo conglomerado con otros minerales) y pizarras (sílice y moscovita principalmente), mientras que la dolomía no contiene prácticamente sílice (ver II.1.1 Dolomía de Bernuy. Caracterización petrográfica). Durante el trabajo manual de la dolomía no es necesario utilizar la mascarilla, pero sí es recomendable la respiración nasal y el trabajo en ambientes ventilados.

*Fig. 515. Modelo de guantes de trabajo.*



*Fig. 516. Radial y disco diamantado para corte de piedra y materiales de construcción.*



*Fig. 517. Mascarilla, gafas y protector auricular.*

---

<sup>445</sup> **Neumoconiosis:** “f. Pat. Género de enfermedades crónicas producidas por la infiltración en el aparato respiratorio del polvo de distintas sustancias minerales, como el carbón, sílice, hierro y calcio.” *Diccionarios Everest, Corona Lengua Española*. 6ª Ed. León (etc.): Everest, 1974. p. 987.

En el trabajo con radial es muy importante usar gafas protectoras, ya que se producen impactos de partículas y trozos de piedra arrojados a gran velocidad. Además el ruido que produce es de alta intensidad, para lo cual se utilizarán unos cascos protectores auriculares antirruído o unos tapones (fig. 517)

Para el desbaste se realizan cortes paralelos con la radial y con una separación de unos tres o cuatro centímetros, después se golpea (con el escafilador o el puntero) de forma ortogonal a estos cortes desprendiendo los trozos de piedra existente entre ellos.

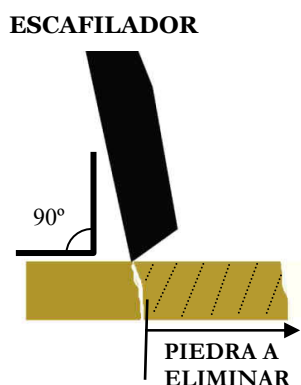
**Escafilador** - Cuando se utiliza el escafilador la piedra queda con una superficie irregular según la fractura natural de la piedra, su acabado poco uniforme presenta diversas protuberancias y una fractura limpia. Al acabado producido con esta herramienta se denomina escafilado (fig. 518).

#### ***ESCAFILADO***

*Fig. 518. Superficie de fractura de la piedra que presenta cortes limpios.*



**Esquema 7.** Se indica la inclinación de la herramienta.

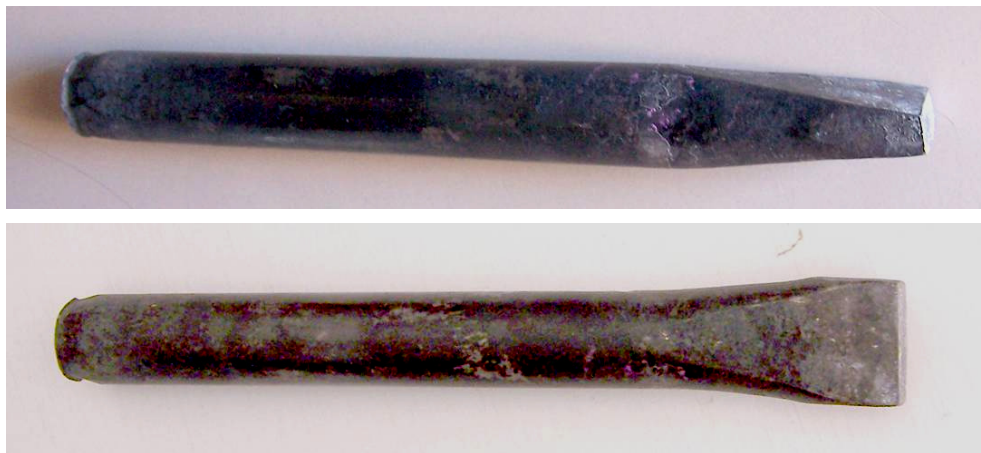


*Fig. 519. En la fotografía se observa la inclinación que ha de tener la herramienta respecto al plano, y la necesidad de que exista una zona de piedra a eliminar plana perpendicular a la herramienta para que el corte se produzca en profundidad.*



El escafilador se emplea para eliminar grandes trozos de piedra en sentido ortogonal. Como se puede observar en la fotografía (fig. 519) el escafilador ha de colocarse casi perpendicular a la piedra (aproximadamente a 2 o 3 cm del borde), con el ángulo según se indica en el esquema 7. Una vez situado el escafilador se efectúan uno o dos golpes fuertes y secos sobre el escafilador sin moverlo. Se observará que el desprendimiento del trozo se produce en profundidad. Una vez que la piedra presenta formas redondeadas ya no se podrá utilizar esta herramienta.

*Fig.520. Vistas de un escafilador. Es una herramienta con un grosor importante.*



*La fuerza del golpe será dirigida al ángulo más agudo de la herramienta que será el único que esté en contacto con la piedra.*

### **Puntero**

*Fig. 521. Miguel Sobrino. Trabajo con puntero sobre dolomía de Bernuy.*

*Se puede observar la inclinación de la herramienta y el trazado paralelo del desbaste.*

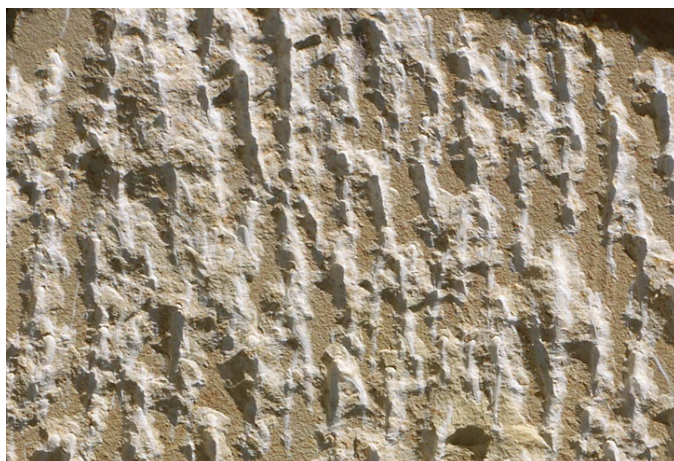


El puntero es una herramienta esencial para el desbaste de la dolomía y para esculpir la forma principal de la escultura que se va a realizar. Para eliminar más cantidad de piedra se golpeará de forma más ortogonal a la superficie (aproximadamente unos 60°), sin embargo para realizar una talla más precisa se trabajará aproximadamente con un ángulo más agudo, aproximadamente de unos 45 ° (fot. 521).



*“El ángulo de talla es impuesto por la dureza y la textura de la piedra, por regla general el ángulo deberá ser reducido para una piedra menos dura. Deberá igualmente reducirse poco a poco, a medida que avance el trabajo y según el cambio de herramienta que, entonces, se produce (del punzón a la gradina o al cincel) siguiendo la tenida del pulgar tal que permita evitar accidentes. Los golpes deben ser regulares, bien ubicados, puesto que todo exceso es imposible de rectificar. Es con la herramienta en la mano como se “siente” verdaderamente la pieza, con toda la emoción del compromiso sin retorno, sin recursos, en un juego de materia y de luz combinadas, puesto que cada golpe establece un nuevo nivel y una nueva relación. A la reacción del grano del material, la mano palpa la forma.”<sup>446</sup>.*

Al golpear la piedra dolomía de Bernuy no se producen los temidos “blancos” que suelen causarse en piedras cristalinas como el mármol y el alabastro, éstos son originados al golpear la piedra con fuerza, produciéndose la descohesión microscópica interna y en profundidad de la piedra. De todas formas la dolomía ha de trabajarse con cuidado para no fracturar partes débiles o aristas.



#### **APICONADO**

**Apiconado-** El apiconado es un acabado superficial de la piedra que se realiza con el puntero mediante una serie de incisiones de longitud variable y paralelas (fig. 522)

*Fig.522. Detalle de un acabado apiconado sobre dolomía. Fot. A. Sánchez Davía.*

### **II.2.3.2 TRABAJO INTERMEDIO (gradina, cincel, calados)**

**Gradina** Esta herramienta se emplea después del trabajo con puntero y se utiliza para aproximar la piedra a la forma que ha de tener la escultura. La separación de los dientes va a determinar la marca que deja la herramienta y la cantidad de material que elimina. En primer lugar se suele utilizar la gradina de grano de cebada ya que elimina más material (fig. 523). La gradina de dientes planos permite la aproximación a la forma final, elimina menos material y deja un acabado más uniforme (fig. 525).

<sup>446</sup> RUDEL, Jean, *Técnica de la escultura*. México: Fondo de cultura Económica, 1986. p.52



*Fig. 523. Gradina de dientes de grano de cebada.*

Con la gradina se trabajan tanto superficies planas como curvas realizándose trazados de forma entrecruzada según el volumen y detalles de la pieza (fig. 524). Si no apoyamos plano el filo de la herramienta sobre la piedra pueden partirse los dientes de la gradina al trabajar piedras duras (con lo que la gradina quedará inservible), aunque esto no suele suceder con la dolomía.



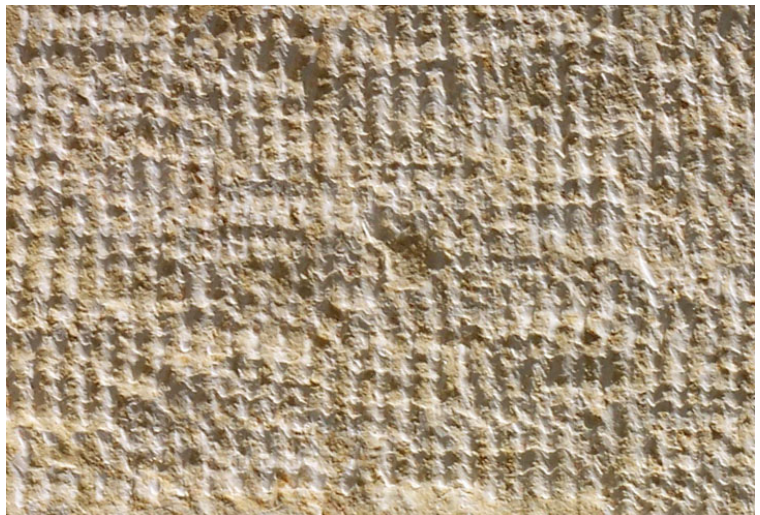
*Fig. 524. Detalle de acabado a gradina sobre dolomía, se observa el entrecruzamiento de los trazos para realizar la aproximación al volumen final redondeado.*



*Fig. 525. Gradina de dientes planos de widia.*

## ***ACABADO DE GRADINA***

**Acabado a gradina** - Para conseguirlo se trabaja con la herramienta en la misma dirección (fig. 526). Para que quede un acabado fresco no conviene insistir repasando el trazado sobre una zona ya trabajada ya que la superficie quedaría según dicen los canteros “*mascada*”, por lo tanto se hará el acabado con una sola pasada en toda la superficie procurando que quede un lineado limpio.





*Fig. 526. Detalle de un acabado “a gradina” sobre dolomía.*

**Cinzel y uña** - El cinzel plano se utiliza fundamentalmente para acabados y para realizar detalles delicados dada su gran precisión (fig. 527). Esta herramienta dejará sobre la superficie de la piedra unas ligeras marcas rectas y paralelas determinadas por cada golpe de cinzel. La uña es un cinzel con el filo redondeado para realizar zonas cóncavas sobre la piedra (fig. 528).

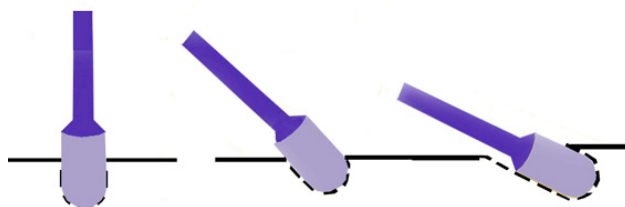
*Fig. 527. Cinceles planos. Abajo en el perfil se observa el filo agudo de la herramienta.*



*Fig. 528. Cincel de uña.*

**Calados** - Para realizar orificios o huecos profundos y en ángulo recto en la dolomía se puede utilizar un taladro con broca de widia o broca para hierro. En Grecia se utilizaba mucho el taladro móvil o deslizante para producir un surco inciso, que podía ser en ángulo, y ejecutar los huecos entrantes de las telas, ropajes y pelo de las esculturas.

*“El taladro simple se realiza en ángulos rectos o con un poco de ángulo sobre la superficie a taladrar. El taladro deslizante es el nombre dado al mismo instrumento cuando se usa con un ángulo tan afilado sobre la superficie que la punta del taladro se puede mover en cualquier dirección deseada”<sup>447</sup>*



En la actualidad el instrumento que sustituye a este taladro es la máquina fresadora o el minitaladro y fresas abrasivas o diamantadas.

<sup>447</sup> ADAM, Sheila. *The Technique of Greek Sculpture in the Archaic and Classical Periods*. The British School of Archaeology at Athens. Thames and Hudson, Oxford University Press, Great Britain.1966. p. 61



Para realizar huecos en profundidad se suele utilizar el cincel para calados, que es una herramienta muy parecida a un cincel pero cuyo filo más robusto que nace a partir del tercio inferior de la herramienta (fig. 529). Se utiliza con un ángulo casi perpendicular con respecto a la superficie de la piedra para que penetre en ella y permite hacer incisiones de gran profundidad con un corte fino y limpio, sin condicionar el hueco como ocurre con el taladro a la forma redondeada de la broca. Únicamente se ha de tener cuidado de trabajar el hueco dando salida a la herramienta es decir, sin clavarla en la piedra.



*Fig. 529. Cincel para calados. Abajo alzado y perfil de una herramienta antigua para realizar calados.*



### **II.2.3.3 ACABADO (bujarda, escofinas, lijado)**

**Bujarda** - Es una herramienta similar a un martillo en cuyos extremos tiene unas cabezas con puntas prismáticas intercambiables sujetas ambas por unas cuñas de hierro (fig. 530). El número de piezas prismáticas del extremo y su grosor determina la rugosidad del acabado que produce la herramienta. Se utiliza como si fuese un martillo, golpeando de una forma continua y en sentido ortogonal sobre la piedra.



*Fig. 530. Detalle de una bujarda, se observa una de las cabezas intercambiables de puntas prismáticas.*



## **ABUJARDADO**



**Abujardado** - La bujarda se emplea fundamentalmente para proporcionar una textura granulada a la piedra sobre superficies planas o con una curvatura ligera y sin detalles. Este tipo de acabado tradicional se denomina *abujardado* y se puede apreciar en numerosas piezas ornamentales (fig. 531).

*Fig.531. Detalle de acabado abujardado sobre dolomía.*

**Escofinas** - Sobre la dolomía se pueden utilizar las escofinas para madera en la aproximación a la forma final, sobre todo si pretendemos dejar una superficie lisa. El acabado rallado que produce la escofina puede utilizarse de modo expresivo, pero no es común verlo en acabados ornamentales o escultóricos. Estas escofinas eliminan bastante material y dejan marcas profundas, con ellas es más fácil trabajar planos que formas curvas. El deterioro de las escofinas específicas para madera es lento cuando se utilizan con dolomía, ya que no es una piedra excesivamente abrasiva como por ejemplo las areniscas.

### **Herramientas de acabado:**

1. En la parte superior dos lijas de corindón.
2. dos fresas siendo la de la parte inferior diamantada,
3. escofinas de escultor diamantadas,
4. tres escofinas de escultura llamadas 'colas de ratón'
5. escofina para madera.

*Fig. 532. Grupo de herramientas.*





Para los detalles más delicados se utilizan las pequeñas escofinas de escultor con distintas curvaturas denominadas *cola de ratón* que permiten el acercamiento con precisión a los detalles de la superficie final. Estas herramientas se fabrican también con un acabado diamantado y su precisión es todavía mayor (fig. 532).

**Lijado**- Para un acabado liso se usan lijas de diferente grano (fig. 532), fundamentalmente de carborundo y de corindón (empleadas para madera) y cuyo abrasivo está adherido fuertemente a una banda de tela de alta resistencia.

Las lijas de grano grueso utilizadas sobre dolomía eliminan rápidamente bastante material, dejando un acabado con rallados irregulares poco estético.

La dolomía no admite pulimento, es decir no se logrará conseguir brillo por medio de lijados cada vez más finos. Si el acabado final de la escultura va a ser de policromía es preciso que el acabado superficial no sea excesivamente liso, ya que disminuiría la rugosidad del soporte y por tanto el “agarre” de la pintura.

**Apomazado** - La característica principal del acabado apomazado es que presenta una superficie suave, lisa, uniforme y con apariencia aterciopelada (fig. 533). Para lograr el apomazado de la superficie se utilizan lijas de grano progresivamente más fino hasta que desaparecen todas las marcas de la herramienta y a superficie queda uniforme. Es un acabado óptimo para realizar una policromía si no es excesivamente liso.



***APOMAZADO***

*Fig. 533. Detalle de acabado apomazado en dolomía.*



### **II.3 REALIZACIÓN DE ESCULTURA EN DOLOMÍA PARA SU POLICROMADO AL SILICATO. Procedimiento del sacado de puntos.**

Este apartado es una de las partes fundamentales de la tesis. Se centra en el proceso de creación de una obra escultórica en dolomía, pieza que va a ser base empírica de aplicación de las conclusiones fundamentales logradas con los materiales de policromía investigados. Todo trabajo de investigación realizado hasta ahora ha estado dirigido a demostrar que una escultura en piedra se puede policromar con unos materiales que además de promover el desarrollo artístico y de experimentación creativa, permitan la exposición de la pieza a la intemperie y maximicen su conservación.

Dado el carácter científico y objetivo de esta tesis no se va a documentar la dificultad de la pieza escultórica, el tiempo que se ha precisado para realizar cada uno de los pasos y el conocimiento técnico que ha sido preciso para lograr el modelado y esculpido de la piedra en la obra escultórica propuesta. Sin embargo se indicarán los pasos que se han seguido para realizar la escultura e indicar que, imprescindiblemente, es preciso tener conocimientos técnicos escultóricos para su desarrollo.

Para comenzar la pieza se proyectó la escultura teniendo en cuenta que una parte muy importante del desarrollo expresivo recaería en la policromía. También porque la realización de una escultura en dolomía permitiría experimentar los logros obtenidos con la técnica al silicato sobre una escultura concreta.

El modelo propuesto se va a realizar en una escultura de carácter figurativo que se realizará con la mayor aproximación posible a la referencia planteada.

La imagen escogida presenta una importante cualidad plástica escultórica y cromática (fig. 534). Sus formas semi-cerradas son muy adecuadas para la realización del busto en dolomía, aunque presentará unos puntos débiles como el cuello y brazos debido a la delgadez extrema del modelo.

Además es un modelo especialmente adecuado para su policromía, cuyos tonos armónicos conjugan con su perfecta distribución sobre el volumen. El color realzará el valor tridimensional de la escultura y su expresividad. Este es un punto muy importante, ya que la idea de policromía de la escultura ha de comenzar desde la creación de la idea inicial y del boceto.



*Fig.534. Fotografía tomada como modelo escultórico-cromático.  
Fotografía Magnum/ Zardoya/ Marco Polo/ A.G.E. FOTOSTOCK/FLASH PRESS.*

El cuerpo demacrado de esta mujer africana, representa el estado de represión y discriminación de la mujer por creencias sociales, culturales e ideológicas, que por desgracia en el siglo XXI aún siguen existiendo en algunas culturas. El título del artículo de la revista señalaba *“Desnutridas por tabúes alimentarios. En países como Kenia, Nigeria o Indonesia prohíben a las mujeres comer pollos, huevos o leche, pues piensan que al ingerirlos pueden engendrar hijos deformes.”*<sup>448</sup>

---

<sup>448</sup> Comentario a pie de foto de la revista donde aparece publicada la foto, cuyos datos se han perdido al conservarse únicamente la hoja de la imagen. p. 70.

**Boceto** - La interpretación figurativa de aproximación a la referencia propuesta se realizó mediante la preparación de un boceto inicial modelado en barro a tamaño natural. Como soporte se utiliza una estructura en alambre grueso fijado a un vástago de hierro. Sobre la estructura se coloca una malla metálica en las zonas más voluminosas, cubriendo después el conjunto con barro y modelando la pieza (figs. 535 y 536).



Fig. 535 y 536. Boceto en barro. Medidas aproximadas de una persona.

Fig. 537. Proceso de realización del molde perdido en escayola que se abrirá después en dos mitades gracias a la división lateral.

**Molde perdido**- Una vez acabado el modelado, sobre el barro húmedo se realiza un molde perdido en escayola E-35, dividiendo la pieza en dos mitades con chapas finas (fig. 537) y reforzando ambas piezas con cañas sujetas con esparto y escayola.

Al día siguiente, introduciendo agua por la junta de unión superior se abre el molde, se limpia con una brocha y se aplica un desmoldeante de jabón de potasa. A continuación sobre el interior del molde abierto se distribuye una capa de 0,5 a 1cm. de grosor de





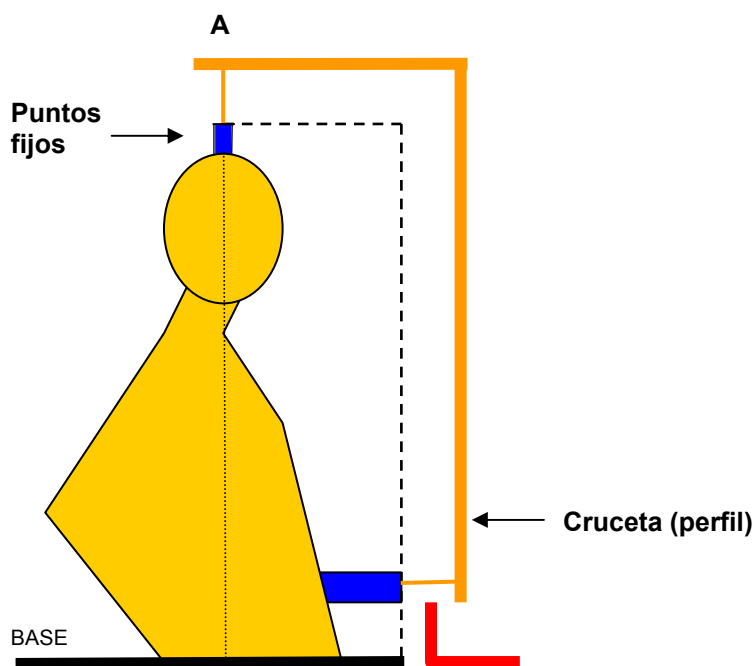
escayola Álamo-70, continuando hasta lograr un grosor aprox. de 2 cm en toda la superficie de la pieza, después se cierra el molde y sella la junta por el interior de la pieza.

Mediante un formón y maza de madera se pica o rompe el molde en pequeños trozos hasta dejar la pieza del positivo completamente libre. Una vez seca se repasan las imperfecciones de la escayola con una lija fina y escofina de cola de ratón y se preparan los puntos donde va a ir ajustada la cruceta para realizar el paso de puntos del boceto a la piedra.

## Procedimiento de sacado de puntos

La preparación de la pieza para realizar el sacado de puntos requiere gran precisión, la escultura ha de quedar perfectamente contenida en el bloque de piedra, y los puntos en la piedra y en el boceto han de tener las mismas coordenadas. El procedimiento del sacado de puntos es siempre el mismo y se pueden utilizar diversos medios para marcar los puntos fijos así como materiales para elaborar la cruceta.

Cruceta y punto superior- Se elabora una cruceta de madera partiendo de unos listones secos y rectos de pino (sin alabeado, ni revirado). Para aportar rigidez al conjunto se realiza un ensamblaje a la media madera en el travesaño inferior, se colocan escuadras metálicas en la parte superior y tornillos tirafondos en todas las uniones (fig. 541).



**Esquema 8.** Perfil del boceto.

En azul están marcados los “puntos fijos” y en naranja el perfil de la cruceta.

En color rojo la escuadra metálica deslizante sobre el perfil de la base que indicó la cantidad de escayola directa a añadir en los puntos inferiores.

Ha de observarse la ortogonalidad de colocación del conjunto para su construcción.

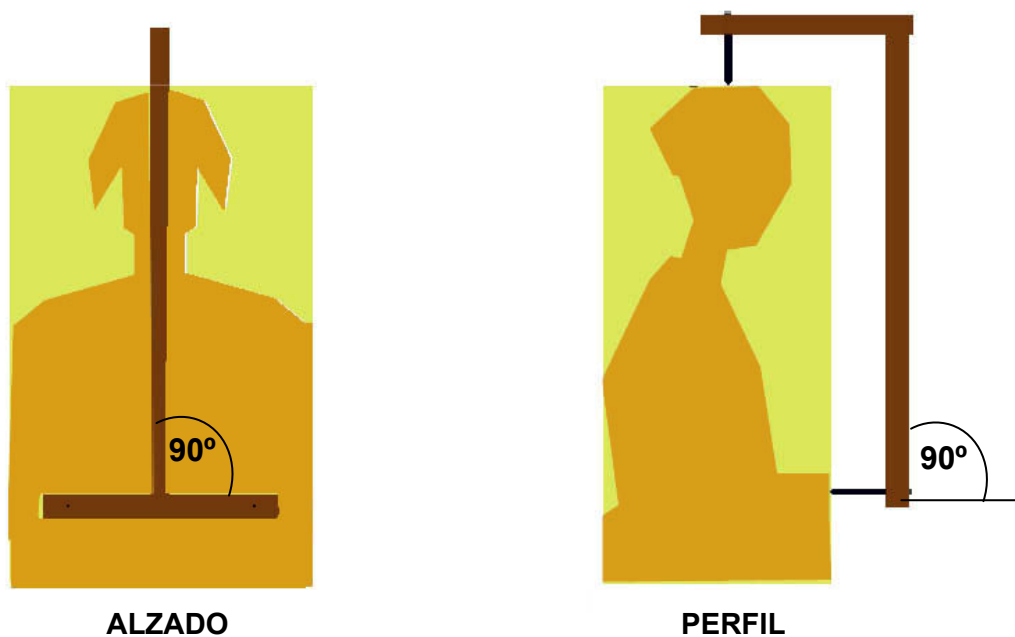
Las medidas de la cruceta son proporcionadas al boceto y ésta no ha de tocar la base (lo que dificultaría su manipulación). Para poder usar la máquina de sacar puntos ha de quedar un espacio mínimo entre cruceta y boceto de unos 8 cm, y precisa que se marquen tres puntos fijos en el bloque y modelo, uno en la parte superior y dos horizontalmente en la parte inferior delantera (Esquema 9).

Se comienza elevando un montículo de escayola en la parte más alta del boceto, después se hace un taladro en la parte superior e introduce una cabeza de remache fijada con masilla epoxi. Para localizar el punto a taladrar (Punto A - Esquema 8) en la cruceta se puso ésta en posición (frente a la maqueta) con un margen general de 8 cm con la figura, y se marcó el punto superior aproximado en la cruceta. Se taladra e introduce una varilla roscada de unos 7 cm. acabada en punta que se sujeta con ovalillos y tuercas. Después se superpone la cruceta (que ya tiene varilla en la parte superior) en la línea central superior de la piedra, de modo que quede el margen de 8 cm. entre la cruceta y la parte delantera del bloque, y se marca el punto superior en la piedra, en el cual se taladra y fija otra cabeza de remache.

Los dos puntos inferiores quedarán definidos en altura por el listón horizontal de la cruceta, la separación entre ambos será simétrica y suficiente para ofrecer estabilidad al conjunto. En este caso se localizan coincidiendo con partes salientes del boceto, se marcaron simétricamente en la cruceta, lugar donde se realizaron los taladros introduciendo las varillas roscadas respectivas.

A continuación, se coloca en la piedra la cruceta (encajada en su punto superior). Para marcar los puntos inferiores la cruceta ha de situarse perfectamente perpendicular en ambos sentidos (Esquema 9), utilizando un nivel de burbuja y ajustando las varillas roscadas de la parte inferior hasta lograrlo. Una vez comprobada la verticalidad se marcaron en la piedra los puntos definidos por las puntas metálicas inferiores de la cruceta, procediendo después al fijado de esos dos puntos (taladro y remaches), teniendo la precaución de colocar nuevamente la cruceta y colocarla otra vez verticalmente antes del fraguado de la masilla epoxi.

Después, para localizar la situación de los puntos inferiores en el boceto, se colocó una base de madera que determinaba el plano frontal de la piedra (marcada en negro en el esquema 8). Esta madera sirvió para deslizar sobre su perfil una escuadra de metal y determinar hasta qué punto había de añadirse escayola directa en los dos salientes inferiores, para que coincidieran con el plano frontal. A continuación se colocó en la parte delantera de las dos prominencias los remaches que determinaban los puntos frontales en la piedra, según el proceso de ortogonalidad explicado anteriormente para la piedra.



**Esquema 9.** Colocación de la cruceta sobre el bloque de piedra. La cruceta ha de estar completamente vertical en ambos sentidos.



*Fig. 538. Detalle. Puntos fijos inferiores en la pieza de escayola de referencia. Las puntas de la cruceta encajan en los puntos marcados por los remaches.*



*Fig. 539. Detalle, colocación de la cruceta, máquina de sacar puntos y de la aguja, que queda perpendicularmente a la superficie a marcar.*





*Fig.540, 541. Modelo de escayola preparado para el sacado de puntos. Puntos fijos en la parten inferior de la pieza.*



*Fig. 542-544. Septiembre 2006. Modelo en escayola con la cruceta de madera ajustada y preparado para el sacado de puntos.*



### ***Evolución del proceso escultórico***

Bloque de piedra: Dolomía de Bernuy, Segovia. Medidas 70 x 50 x 35 cm.



*Fig. 545-546. Comienza el trabajo de desbastado con radial, escafilador y puntero.*

Se miden alturas aproximadas para comenzar el desbastado de la piedra, por ejemplo los codos, hombros, orejas, prominencias de la tela; medidas que se tomaron con un compás curvo de escultura, escuadra o con la máquina de sacar puntos y se marcaron como líneas y circunferencias trazadas con lapicero (fig. 545 a 547).

Se desbasta la piedra mediante radial, escafilador y puntero. Después se comenzó a utilizar la máquina de sacar puntos tomando primero los puntos más salientes de la pieza. La aguja se ajusta dejando aproximadamente 1 cm. de separación con el modelo, esto permite eliminar el material sobrante en la piedra y conservar un buen margen con la superficie de la escultura.

*Fig. 547. Vista lateral de la escultura en la fase de desbastado.*

Como se observa en las fotografías (figs. 548 a 551) se comenzó a usar la gradina de dientes de grano de cebada para eliminar material y a la vez dar forma a la pieza. Los puntos dados por la aguja se marcan mediante una pequeña circunferencia de 1cm de diámetro, que indica el margen aproximado que tenemos con la superficie de la escultura. La circunferencia marcada se irá reduciendo conforme disminuya esta diferencia.

Se definen únicamente formas generales, y no es preciso ya el uso de radial puesto que al ser una piedra relativamente blanda es muy fácil que el corte llegara a dañar la superficie de la escultura.



Se utiliza la gradina para marcar el volumen, redondeando y trabajando la superficie en todos los sentidos, el puntero se utilizó en zonas precisas en las que era necesario eliminar mayor cantidad de materia.

*Fig. 548. Vista lateral de la escultura y modelo. Comienzo del sacado de puntos.*

El trozo que se ha reservado en la parte inferior de la piedra actuará de peana o base para proteger la parte inferior de la escultura, se ha decidido así ya que el apoyo de los brazos sobre el suelo presenta ángulos agudos lo que supondría la rápida rotura de la piedra (fig. 548).







*Fig. 549-550. Los puntos se están tomando con un centímetro de margen de la pieza final. El proceso de talla se realiza de forma manual y en la escultura se pueden observar las marcas de gradina de dientes de grano de cebada y del puntero.*



*Fig. 551. Vista panorámica de las piezas, piedra en primer plano y modelo.*



**Fotografías tomadas en Noviembre 2006**



*Fig.552 y 553. Proceso del trabajo. Noviembre 2006.*



*Fig.554 y 555. Proceso del trabajo. Noviembre 2006.*



**Fotografías tomadas en enero 2007**



*Fig. 556 y 557. Proceso de trabajo. Enero 2007.*



*Fig. 558 y 559. Proceso del trabajo. Enero 2007. Comienza a aproximarse al modelo en la tela de la cabeza y en el retrato de la figura.*



Después de un mes de trabajo no consecutivo, la pieza en piedra presenta cierto parecido con el modelo, se esbozan los rasgos faciales y se definen los planos del recogido de tela de la cabeza.



*Fig. 560. Puntos utilizados para realizar la aproximación al retrato.*



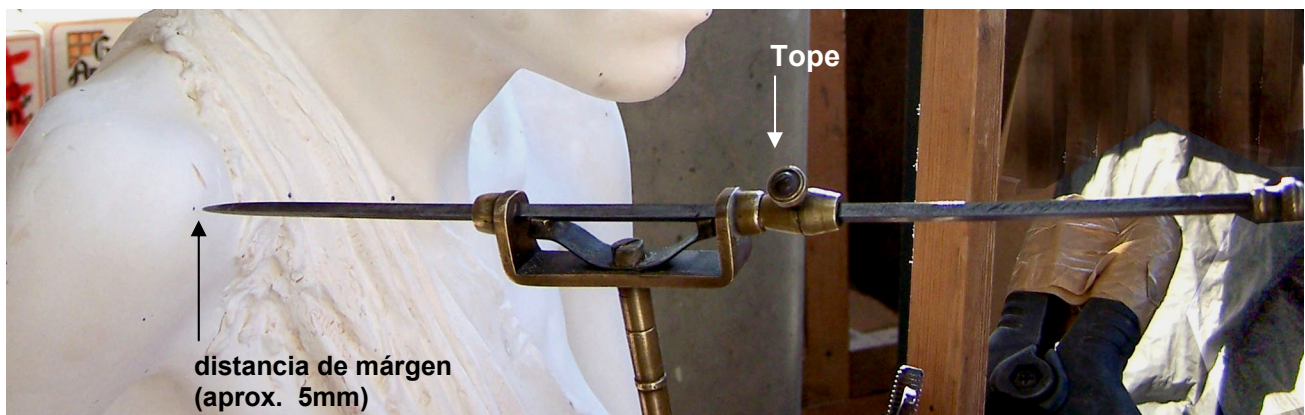
*Fig. 561. Puntos marcados en la piedra con un círculo.*

En la piedra se marcan los puntos más destacables del modelo de escayola mediante un círculo, cuyo diámetro corresponde a la cantidad de materia aún por eliminar. Se puede observar también que algunos puntos, como por ejemplo el más sobresaliente de la nariz se ha marcado ya con un solo punto, esto indica que en esa zona se ha alcanzado la superficie de la escultura y no hay que eliminar nada de material.



*Fig. 562. Distancia tomada de separación entre la aguja y la superficie del modelo, aproximadamente es de unos 0,5 cm.*

El proceso del sacado de puntos es sencillo una vez que se tiene soltura con el manejo de la máquina y de las herramientas de escultura. La aguja *porta puntos* ha de estar situada perpendicularmente a la superficie que contiene el punto a marcar, ajustando el tope móvil de forma que quede el margen necesario, según el estado de aproximación a la figura. (fig. 563)



*Fig. 563. Detalle de la colocación de la máquina de sacar puntos sobre el modelo en escayola.*

Cuando aún nos queda por eliminar unos 5 o 7 mm. de piedra (respecto a la superficie del modelo) se toma la medida del punto final, es decir con la aguja móvil de la máquina de sacar puntos casi en contacto con la superficie del boceto (aún dejamos 1 o 2 mm. de margen para el acabado mediante lijas). Después se coloca la cruceta con la máquina sobre la piedra y marcamos un punto con lapicero, después (si es posible sin quitar la máquina) retiramos la aguja que indica la profundidad y utilizamos la aguja marca-puntos (ver fig. 564). Esta aguja se hace rotar manualmente y taladra un orificio acabado en punta sobre la piedra. La profundidad del taladro se controlará constantemente con la aguja marcadora de la máquina de sacar puntos hasta que el tope indique que se ha alcanzado la profundidad final.



La aguja *marca-puntos* se utiliza de forma perpendicular a la superficie de la piedra, y se coloca sobre el punto marcado con la misma inclinación que la aguja de la máquina de sacar puntos. Para horadar la superficie se ha de sujetar con las palmas de las manos frotándolas para hacer girar la aguja rápidamente, y se repetirá este proceso hasta conseguir la profundidad deseada en la piedra (fig. 564). Se ha de tener cuidado de no exceder la profundidad marcada por la máquina de sacar puntos al horadar un punto definitivo, ya que dañaría la superficie de acabado de la pieza.



*Fig.564. Detalle de utilización de la aguja marca-puntos sobre la piedra.*



*Fig.565. Detalle de comprobación con la máquina de sacar puntos de la profundidad de uno de los puntos marcados y horadados.*



*Fig.566 y 567. Detalle de marcado de un punto en la superficie del modelo y de la piedra.*





***Fotografías tomadas en febrero 2007***



*Fig. 568 y 569. Traslado de la cruceta con las medidas tomadas en el modelo (izquierda) a la piedra (derecha).*

Comienzan a observarse detalles de las telas y aproximación de la figura en general.



*Fig. 570 y 571. Proceso de copia del modelo.*



**Fotografías tomadas Abril 2007**



*Fig.572. Modelo en escayola y proceso del trabajo en piedra.*

Las telas comienzan a trabajarse y marcarse sobre la piedra y la consecución de volúmenes generales da paso al tallado de detalles (orejas, ojos, labios), para lo cual se utiliza gradina de dientes planos de menor anchura. En esta fase algunos puntos están marcados con un margen de escasos milímetros respecto a la superficie final de la escultura.

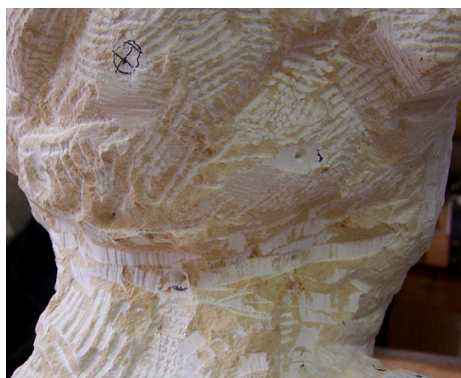


*Fig.573 y 574. Detalle de la talla de retrato.*



Para realizar la parte posterior de la figura se ha preparado otra cruceta y otros dos puntos en la base de la figura. El tiempo empleado en la realización de la cruceta se recupera ya que permite marcar rápidamente puntos y referencias exactas de situación de los detalles del modelo y trabajar con seguridad los volúmenes principales de la pieza.

*Fig.575 y 576. Colocación de la cruceta de la parte posterior, y proceso del sacado de puntos.*



*Fig.577 y 578. Trabajo de la parte posterior de la escultura en dolomía.*



Se continúa el proceso de aproximación de la piedra al modelo mediante gradina y cincel de calados para los huecos. En algunas zonas como en la cara y brazos se comienzan a utilizar escofinas y lija basta.



*Fig. 579-581. Proceso de realización de la escultura en dolomía.*

Una vez que se han marcado los puntos finales en la piedra se eliminan los puntos de apoyo de la cruceta ya que ésta no es necesaria (fig. 582). El acabado de la escultura en piedra se realiza mediante observación directa del modelo de escayola utilizando las herramientas precisas en cada zona, por ejemplo lijas cada vez más finas, escofinas, formones e incluso gubias.



También se ha acabado la zona inferior de la escultura dejando un trozo de piedra a modo de peana para la protección de la escultura. Como la escultura en piedra en principio no se va a destinar a su ubicación en el exterior se ha colocado un tablero de contrachapado adherido con resina epoxi en la base de la pieza para evitar roturas en los bordes inferiores al transportar y mover la escultura (fig. 583)



*Fig. 582 .Proceso de acabado de la escultura en dolomía.*



*Fig. 583. Un tablero de contrachapado adherido protege la base de posibles roturas.*





*Fig. 584 - 586. Escultura acabada en dolomía.*





*Fig. 587. Escultura acabada en dolomía.*

Se ha terminado de esculpir, repasar y aproximar la escultura al modelo en Septiembre del 2008. Como se observa en la fotografía (fig. 587) tanto el modelo como la pieza esculpida presentan los mismos detalles y la misma calidad y cantidad numérica de elementos descriptivos, llegando hasta el extremo que es difícil distinguir de las dos figuras que nos muestra la imagen cual es la que corresponde a la escayola y cual es la de la piedra.

En esta fecha se ha procedido a realizar la policromía al silicato de la escultura, conclusión fundamental de esta tesis y cuyo proceso se encuentra detallado y explicado paso a paso en el Capítulo I. Apartado 3. Escultura en dolomía policromada al silicato. Ensayo N° 24.

## **CAPÍTULO IV. ANEXOS.**

### **ANEXO III**

#### **OTROS SOPORTES INERTES Y PINTURA AL SILICATO**

*Soportes pétreos*

*Cerámica*

La técnica de policromía al silicato se puede utilizar sobre soportes minerales siempre que presenten cierta porosidad, esto amplía las posibilidades de utilización de esta técnica para el escultor, ya que en ocasiones utiliza materiales variados en sus creaciones escultóricas.

Entre los soportes susceptibles de ser utilizados estarían piedras porosas utilizadas en la escultura e incluso cerámica *“rocas, hormigón y materiales cerámicos. Estos sustratos son usualmente porosos e hidrófilos y se unen fácilmente con silicatos solubles. Además los constituyentes calizos y aluminosos de dichas estructuras reaccionan con los silicatos solubles y contribuyen a la formación de uniones estables”*<sup>449</sup> fundamentalmente todos aquellos soportes minerales y porosos que permitan la reacción del silicato potásico. Los morteros preparados con cemento o cal son otro material óptimo para policromía al silicato, morteros a los que en ocasiones recurre el escultor para positivar el vaciado escultórico.

Se ha llevado a cabo esta breve investigación dado que se disponen de los productos, experiencia y materiales adecuados. También para tener unas muestras de la pintura al silicato sobre otros soportes e iniciar posibles líneas de investigación de una técnica mineral tan enigmática como bella.

### **III. 1 SOPORTES PÉTREOS**

Las piedras que normalmente se emplean en escultura se podrían clasificar en los siguientes grupos: mármoles (fundamentalmente conformadas por carbonato cálcico cristalizado), piedras areniscas (compuestas por partículas de cuarzo cementadas con otros minerales), calizas (mayoritariamente carbonato cálcico) y alabastros (sulfato cálcico bihidratado).

Para las pruebas se seleccionan las siguientes rocas de la península Ibérica:

- Mármol blanco de Macael, Almería, (mármol de calcita) y mármol negro de Calatorao, Zaragoza (*Caliza micrítica*<sup>450</sup>).
- Arenisca de Villamayor. *“Arenisca feldespática-arcosa, compuesta de cuarzo (40-70%), feldespatos (10-30%), micas y matriz arcillosa (10-20%)”*.<sup>451</sup>

---

<sup>449</sup> HOUWINK, R.; SALOMON, G. *Adherencia y adhesivos. Volumen I. Adhesivos*. En *La Enciclopedia de la química industrial (Tomo 3)*. Bilbao: Urmo S.A., 1978. p. 516.

<sup>450</sup> ROC MAQUINA. *Anuario de piedras naturales de España*. 10ª Ed. Vizcaya: Roc Maquina, 1997. p. 546.

<sup>451</sup> GARCÍA, José Ignacio; Juan Manuel BÁEZ. *La piedra en Castilla y León*. Salamanca: Junta de Castilla y León, Consejería de Industria, Comercio y Turismo, 2001. p. 179.



- Caliza blanca de Colmenar (Madrid) y Caliza Rosa de Sepúlveda (Segovia) “caliza packstone (bioesparita)”<sup>452</sup>.
- Alabastro de Guadalajara (sulfato cálcico bihidratado).

En principio serían poco adecuadas para la pintura al silicato aquellos tipos de piedra con estructura cristalina y/o poco porosa como el mármol, alabastro y granito. Tampoco son adecuadas aquellas que presenten eflorescencias, microorganismos o sean mecánicamente poco estables (desmenuzables o arenosas). Las piedras o morteros en cuya composición contengan carbonato cálcico, éste contribuirá en la fijación del pigmento al producirse la carbonatación de la cal “se formará algo de silicato cálcico insoluble, lo cual siempre constituye una ventaja de cara a la conservación de la pintura”.<sup>453</sup>

En piedras blandas y porosas sería preferible utilizar Keim Restauro Lasur ya que según las pruebas y el informe sobre la técnica al silicato (2.1.7 Informe técnico. Silicato y dolomía) es el producto que crea menor tensión superficial.

## ENSAYO Nº 69

## otras piedras

### MÁRMOL BLANCO DE MACAEL (ALMERÍA)

Superficie lijada, sin pulimento.

El mármol no es una piedra adecuada para la pintura al silicato dada su baja porosidad, pero en el ensayo la pintura se ha fijado perfectamente a su superficie (figs. 589 a 591).

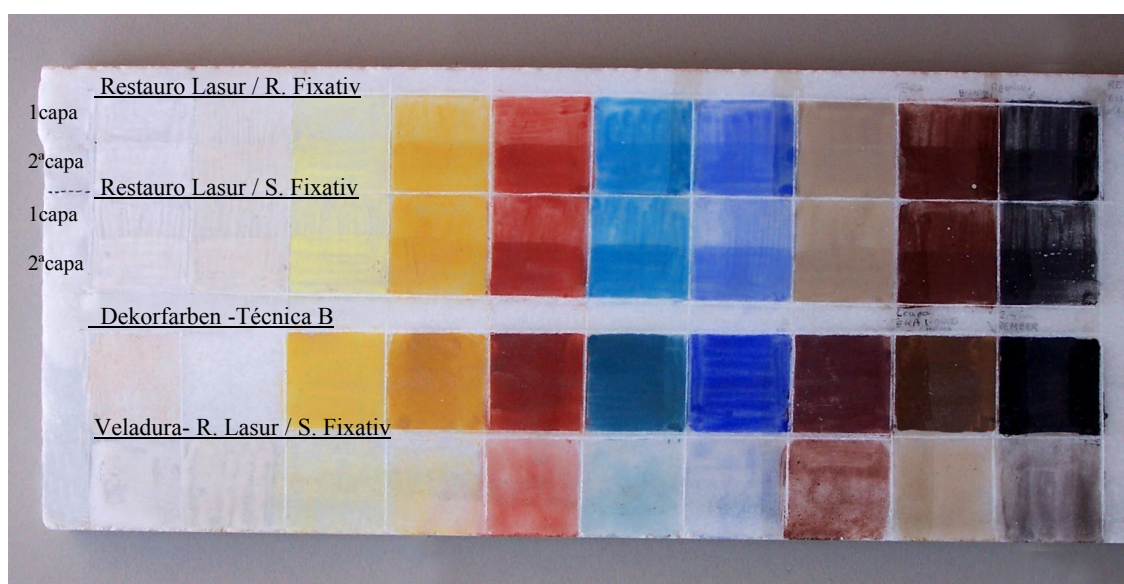


Fig. 589. Pintura con silicato potásico sobre mármol.

<sup>452</sup> GARCÍA, José Ignacio; Juan Manuel BÁEZ. La piedra en Castilla y León. Salamanca: Junta de Castilla y León, Consejería de Industria, Comercio y Turismo, 2001. p. 231.

<sup>453</sup> PALET, Antoni. Tratado de la pintura: Color, pigmentos y ensayo. Barcelona: Universidad de Barcelona, 2002. p. 50.

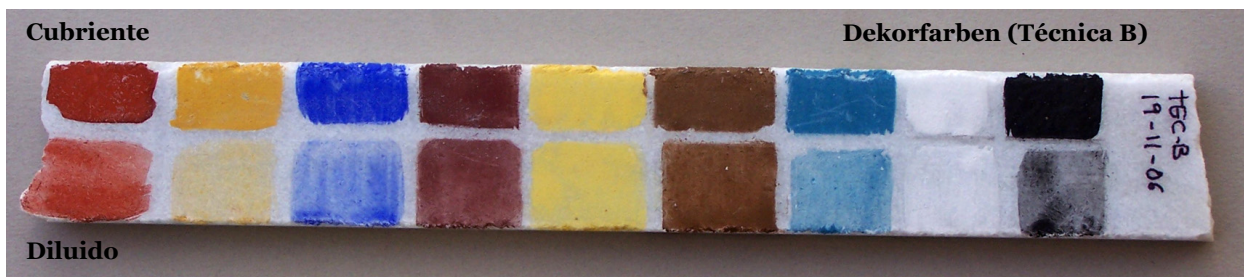


Fig. 590. Mármol de Macael. Medidas: 3 x 22 x 0,7cm. Capas cubrientes y en veladura al silicato.

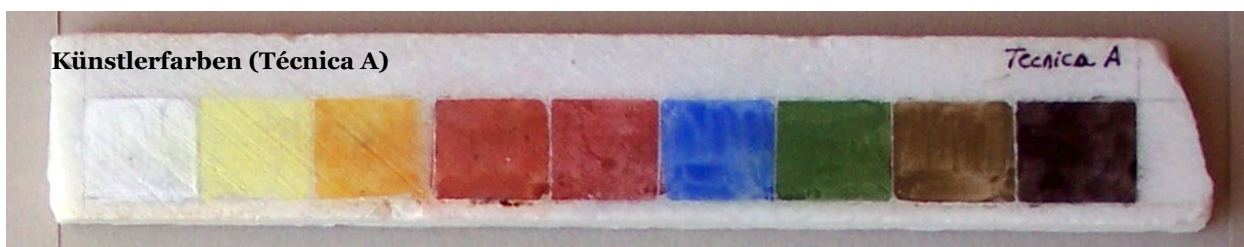


Fig. 591. Pigmento aplicado sobre mármol y seis fijaciones posteriores con K. Fixiermittel. Medidas: 3 x 22 x 0,7cm. Junio 2008.

Prueba de fricción en húmedo transcurridos 12 meses desde su aplicación:

- Las capas de veladura Restauro Lasur son algo menos resistentes que las capas cubrientes, pero en general resiste bien a esta prueba.
- Buena fijación de Künstlerfarben (Técnica A) y Dekorfarben (Técnica B). Aun siendo una piedra poco porosa, la pintura al silicato experimentada se fija al mármol, quedando unos colores muy luminosos al utilizarse un soporte blanco.

### **MÁRMOL DE CALATORAO (ZARAGOZA)**

Superficie: corte con radial (placa fig. 592) y corte natural de la piedra (fig. 593 izquierda)

Fricción/húmedo: Muy buena resistencia a la fricción (Técnica A y B)

En una pieza de granito se experimenta también la pintura y tiene muy buena fijación (fig. 594)



Fig. 592. Placa de mármol de Calatorao 24 x 7 x 0,5 cm. Pigmento aplicado sobre mármol y seis fijaciones posteriores con silicato potásico Fixiermittel. Junio 2008.





Fig.593. Mármol negro de Calatorao. A la izquierda pieza con corte natural de la piedra 12 x 8 x 2 cm, a la derecha placa cortada con radial 20 x 7 x 0,7cm. .



Fig.594. Prueba realizada sobre granito.

### **CALIZA DE COLMENAR DE OREJA (MADRID)**

Conocida como “Piedra de Colmenar” es una piedra caliza de color blanco, algo dura para su trabajo escultórico, definida geológicamente como biomicrita porosa <sup>454</sup>

Piedra de escasa porosidad sobre la que las técnicas al silicato presentan ciertas dificultades de fijación (fig. 595). La técnica K. Restauo Lasur es poco resistente a la fricción en húmedo ya que se desprende algo de color sin llegar a eliminarse completamente de la superficie pétre.



Fig. 595. Técnicas al silicato aplicadas en capas cubrientes sobre Caliza de Colmenar de Oreja. Junio 2008.

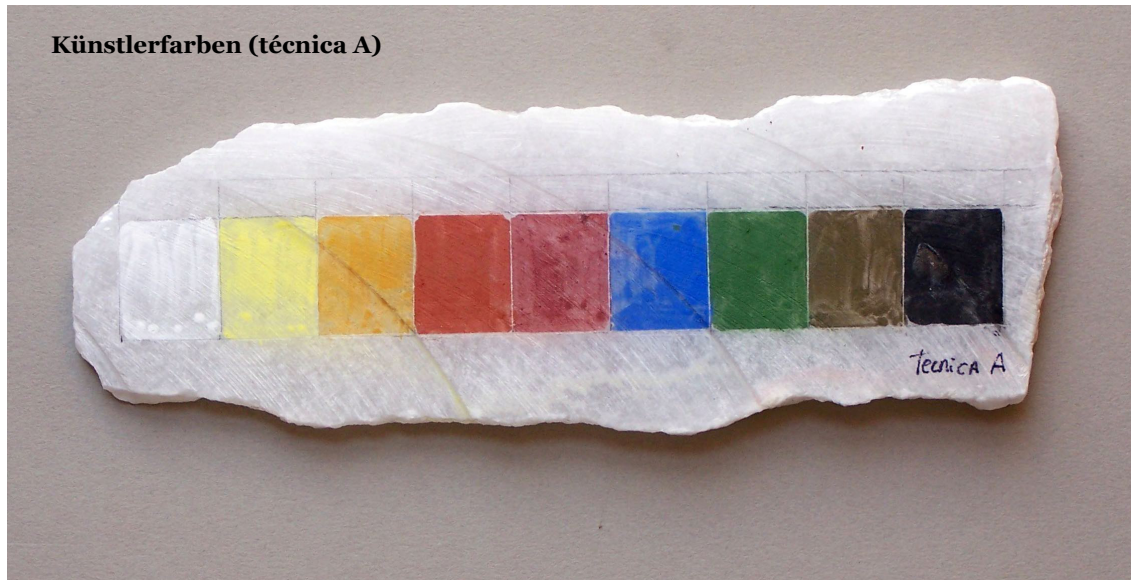
<sup>454</sup> ROC MAQUINA “Piedra de colmenar “En Stoneroc-Roc Maquina. Buscador de Piedras Naturales. <http://www.Rocmaquina.es/RocMaquina/FiltroControllerPiedras> [Consulta Junio 2008]



### **ALABASTRO**

Superficie natural de corte de disco sin pulimento.

Fricción/ húmedo: Muy buena resistencia a la fricción Künstlerfarben-Técnica A (fig. 596) y algo menor Restaruro Lasur.

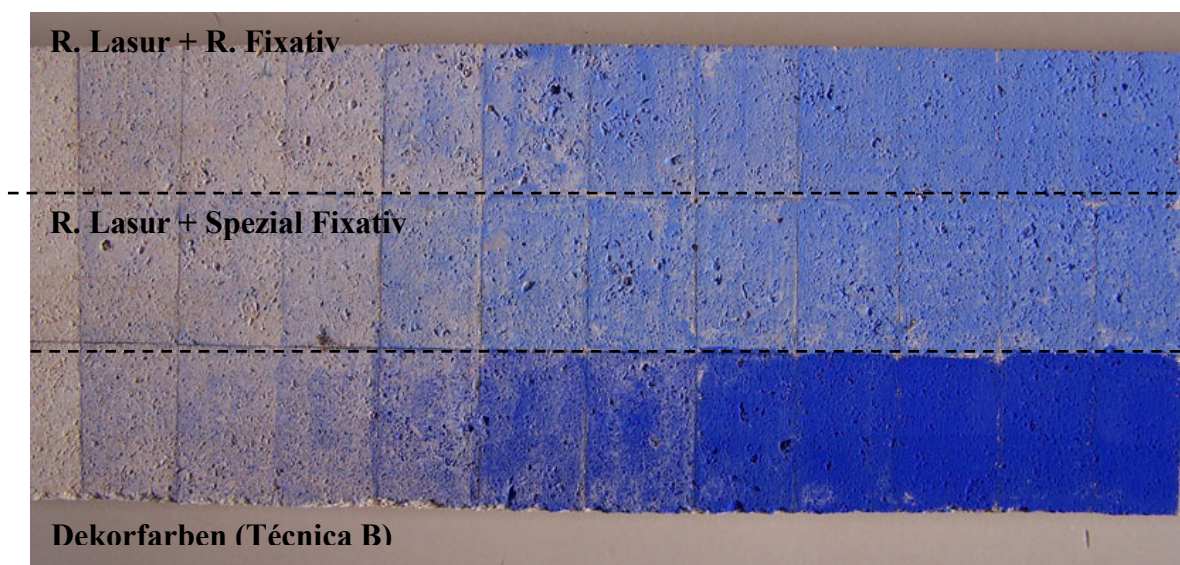


*Fig. 596 .Plaqueta de alabastro, medidas 20 x 7 x 0,6 cm.*

### **CALIZA ROSA, SEPÚLVEDA (SEGOVIA)**

Piedra poco adecuada para la técnica al silicato, aunque presenta unos poros grandes apreciables a simple vista es una piedra poco absorbente (fig. 597).

Fricción/húmedo: La técnica R. Lasur es poco resistente.



*Fig. 597 .Plaqueta de piedra caliza rosa de Sepúlveda pintada al silicato.*

### **ARENISCA DE VILLAMAYOR (SALAMANCA)**

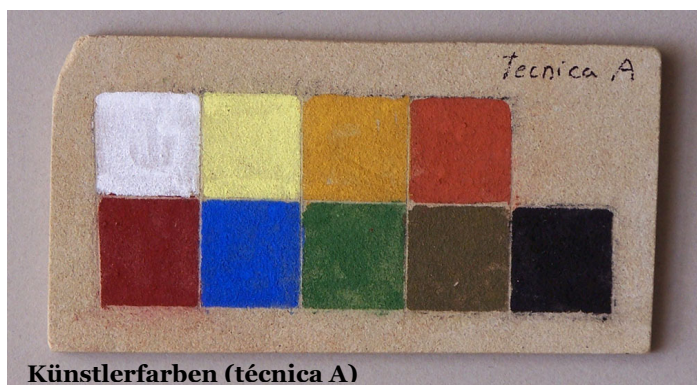
Plaquetas lijadas de piedra arenisca de Villamayor (figs. 598 y 599)

La fijación de la pintura al silicato sobre las probetas de arenisca es excelente.

Muy buena resistencia a la fricción en seco y en húmedo.



*Fig.598. Arenisca de Villamayor pintada al silicato con la técnica Restauro Lasur.*



*Fig.599. Colores luminosos de la pintura al silicato Künstlerfarben (Técnica A).*

## **ENSAYO Nº 70**

## **Escultura en arenisca policromada**

Soporte: Piedra arenisca (no se tienen datos sobre su procedencia). Se elige para comprobar la fijación de la pintura sobre otra piedra arenisca diferente a la de Villamayor, y para experimentar con la técnica al silicato, utilización de colores y procedimiento.

Modelo: Imágenes de animales que se pintarán según la referencia propuesta.

Técnica de policromía y procedimiento:

- Se comenzó utilizando en la pieza Restauro Lasur, cuando los colores secaron los oscuros quedaron con poca intensidad.
- Se experimenta en algunas zonas con la Técnica B de Keim para lograr mayor intensidad de tono y colores más brillantes.



*Fig. 600 a 602. Escultura geométrica en piedra arenisca policromada con motivos animales y vegetales con pintura al silicato.*



El resultado cromático logrado con la técnica al silicato es muy bueno, la piedra queda policromada con unos tonos brillantes y una apariencia mineral. Para este modelo se ha trabajado por yuxtaposición de pinceladas, en algunas zonas se han superpuesto varias aguadas o capas de veladura. La rapidez de secado de la capa al silicato hace que se puedan superponer varios colores en la misma sesión.



Aunque la pieza está inacabada la experiencia con la técnica ha sido muy buena y suficiente para comprobar que se pueden realizar desde pequeños detalles hasta trabajar degradados y veladuras con unos colores muy luminosos y naturales.





## **III. 2 CERÁMICA**

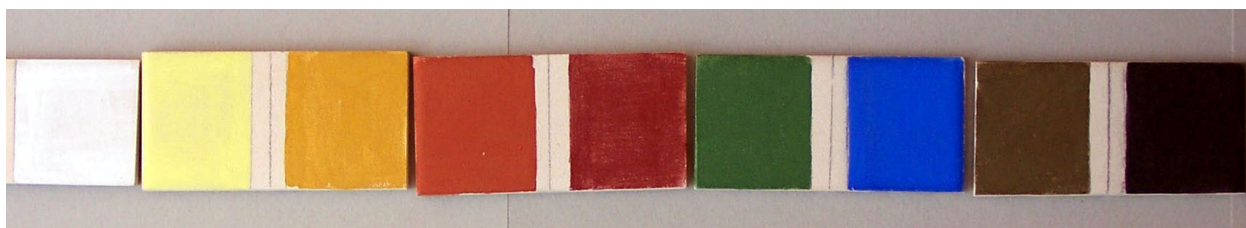
El barro es un material esencial para muchos escultores, mediante su cocción se perpetúan piezas que aunque frágiles permiten materializar múltiples y variadas configuraciones escultóricas, pudiendo ser tan complejas que sería imposible reproducirlas mediante un molde.

La policromía mineral al silicato sobre terracota aporta unas posibilidades y peculiaridades cromáticas y visuales específicas de esta técnica.

### **ENSAYO Nº 71**

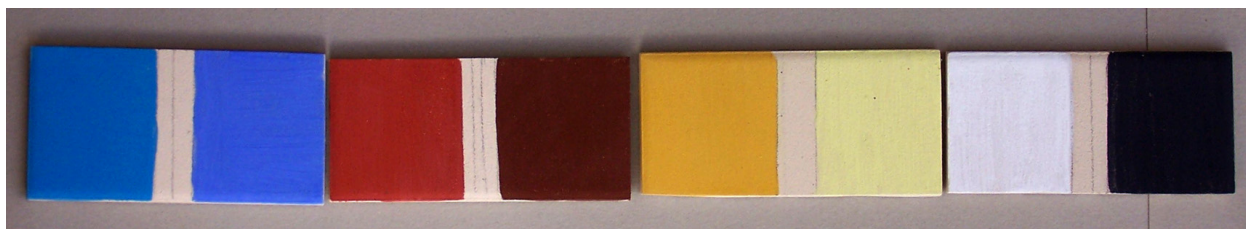
### **Plaquetas comerciales color crudo**

**Técnica: K. Künstlerfarben (Técnica A)**



*Fig. 603. Plaquetas de cerámica color crudo pintadas con silicato potásico. Junio 2008.*

**Técnica: K. Restauro Lasur.**



*Fig.604. Plaquetas pintadas con la técnica K. Restauro Lasur (silicato potásico con hidrofugante). Junio 2008.*

La pintura se ha aplicado en capa cubriente.

En las dos técnicas experimentadas el resultado ha sido muy bueno.

Se realiza también un ensayo de resistencia a la fricción en seco y en húmedo. En el ensayo a la fricción con un trapo húmedo se observó que la capa pictórica de las plaquetas pintadas con la técnica K. Restauro Lasur (silicato potásico con hidrofugante) no son tan resistentes como las pintadas con Künstlerfarben-Técnica A (silicato potásico bicomponente).

## ENSAYO N° 72

## Plaquetas de barro rojo cocido

Soporte: Plaquetas de barro rojo, muy lisas y cocidas a baja temperatura 800°C.

**Probeta N° 1** – Pigmento ocre 927 Amarillo óxido (Keim). Fijativo utilizado: Fixiermittel.

**Probeta N° 2** - Pigmento óxido de hierro amarillo (Agroquímicas del Vallés). Fijativo utilizado silicato potásico (M. Riesgo)

23-11-2007 12:00h. Aplicación de los respectivos pigmentos diluidos con agua destilada.

**Tabla 36.** Fijaciones con silicato potásico sobre las probetas. Temperatura ambiente entre los 17°C y 18° C.

| Fijaciones | día        | hora  | Proporciones                               |
|------------|------------|-------|--|
| 1          | 23-11-2007 | 3:00h | 3x1 (proporción agua destilada a silicato) |
| 2          | 24-11-2007 | 3:00h | “  |
| 3          | 25-11-2007 | 3:00h | “  |
| 4          | 26-11-2007 | 9:00h | “  |
| 5          | 27-11-2007 | 9:00h | “  |
| 6          | 28-11-2007 | 4:00h | “  |

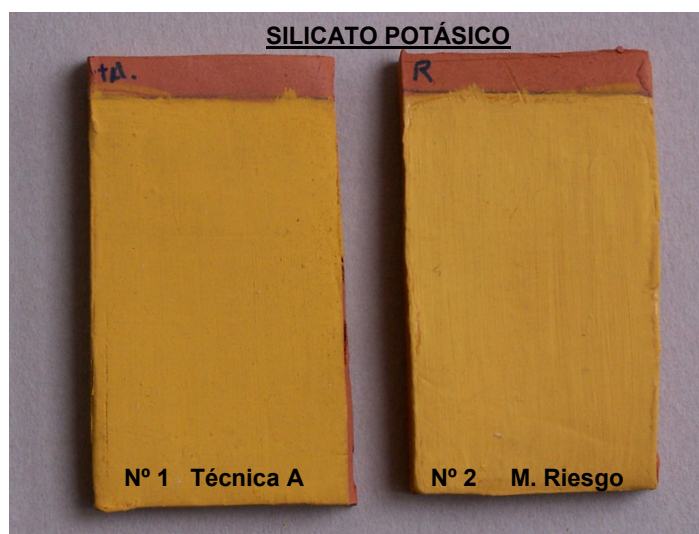


Fig.605. Plaquetas pintadas al silicato.

### OBSERVACIONES

Aunque la superficie final del barro cocido sobre la que se aplican los pigmentos es extremadamente lisa, la fijación del pigmento mediante silicato potásico pulverizado en ambas probetas es excelente (fig. 605).

N° 1- Probeta realizada con Künstlerfarben (Técnica A), presenta una textura final suave al tacto.

N° 2 –Probeta realizada mediante fijación con Silicato potásico (M. Riesgo), presenta mayor rugosidad superficial producida por el mayor tamaño de las partículas del pigmento utilizado.

## ENSAYO N° 73

## Escultura en terracota policromada al silicato



Fig. 606. Imagen seleccionada para realizar la escultura que posteriormente va a ser policromada. "The Basotho" Fotografía<sup>455</sup>

**PROCESO:** Partiendo de la imagen (fig. 606) se modela la escultura en barro rojo. Después se vacía el interior de la escultura y se deja secar durante varias semanas (fig. 607). Medidas: 45 x 32 x 25 cm. Cocción de la pieza a baja temperatura 800 °C.

Fig. 607. Pieza en barro cocido. En el interior hueco de la pieza se realizaron múltiples perforaciones del barro aún húmedo para permitir la salida del aire atrapado durante la cocción.

Después se realiza la primera aplicación de color con óxido de hierro rojo, negro y blanco de titanio con pigmentos de K. Künstlerfarben-Técnica A (fig. 608).

Se realizan las perforaciones en las orejas para la colocación de pendientes metálicos y se continúa con la aplicación de color (fig. 609). El óxido de hierro no aporta la fuerza de color rojo que requiere la escultura, por lo que se fijó el pigmento aplicando dos fijaciones con silicato potásico Fixiermittel diluido (1 fijativo x 2 agua destilada) a toda la pieza y así poder trabajar con otros pigmentos (fig. 609).



<sup>455</sup> MAGUBANE, Peter. *Vanishing Cultures of South Africa: Changing Costumes in a Changing World*. London: Struik Publishers, 1998. p. 108.





Fig. 608. Primera capa de color fijado con silicato potásico.



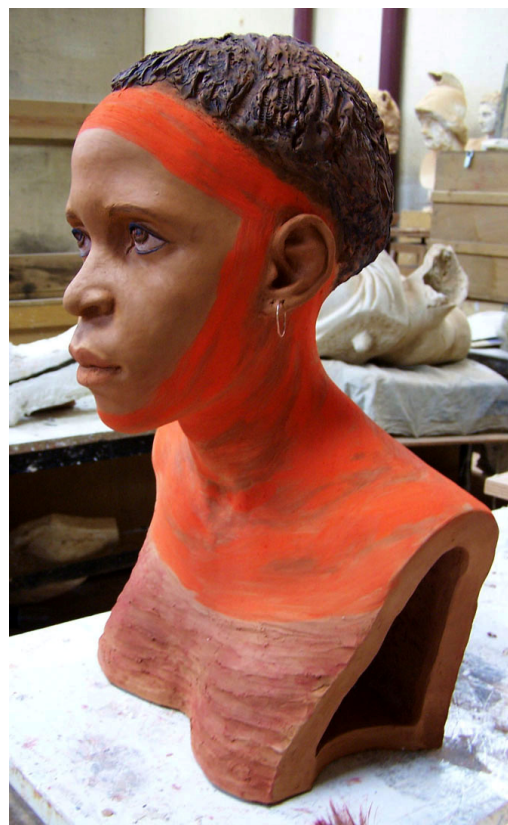
Fig. 609. Tonos de la escultura cuando se realizan las dos primeras fijaciones con silicato Potásico.

Al día siguiente de fijar el pigmento se utilizó un pigmento rojo muy vivo con el nombre comercial Rojo Fuego. Pigmento no aconsejado para utilizar con las técnicas al silicato, pero ya que es un trabajo experimental se ha decidido utilizarlo para comprobar las posibles reacciones con el silicato por la acción de los álcalis y/o si se produce una correcta fijación del pigmento al barro cocido (fig. 610).

Del 15 al 17 de enero 2008 se llevó a cabo la aplicación de los pigmentos hidratados.

**Tabla 37.** Fijaciones al silicato.

| Fijaciones                                   | Fecha     | Hora     | Proporciones                                  |
|--|-----------|----------|---|
| 17-1-2008 Primeras aplicaciones de pigmentos |           |          |   |
| 1  | 21-1-2008 | 12:00h   | 1x2 (fijativo Fixiermittel en agua destilada) |
| 2  | 22-1-2008 | 16: 21 h | 1x2   |
| 23-1-2008 Aplicación de pigmento Rojo fuego  |           |          |   |
| 3  | 23-1-2008 | 13:30 h  | 1x2   |
| 4  | 24-1-2008 | 12:00 h  | “   |
| 5  | 29-1-2008 | 13:00 h  | “   |
| 6  | 30-1-2008 | 11:26 h  | “   |
| 7  | 31-1-2008 | 12:00 h  | “   |



*Fig.610 y 611. Escultura después de haber sido pintada con colores vivos.*



*Fig. 612 y 613. Escultura acabada. Los colores vivos confieren a la pieza fuerza y expresividad.*



La fijación del pigmento rojo fuego con silicato potásico Keim Fixiermittel ha sido muy buena, no mancha al tacto, y el resultado es un color muy vivo y luminoso, tal y como presentaba la imagen de referencia.



*Fig. 614 y 615. Escultura acabada policromada con silicato potásico. Medidas: 51 x 33 x 26 cm. A. Sánchez Davía.*



## **CAPÍTULO IV. ANEXOS.**

### **ANEXO IV**

#### **OTRAS TÉCNICAS PICTÓRICAS SOBRE DOLOMÍA**

*Probetas y productos*

*Observaciones*

*Oleaginosidad de los productos*

## IV. OTRAS TÉCNICAS PICTÓRICAS SOBRE DOLOMÍA

En la tesina titulada “*Volumen y Color Escultórico*”<sup>456</sup> se estudiaron técnicas pictóricas contemporáneas y tradicionales como el temple al huevo, acuarela, óleo/alquídico, encáustica en caliente, técnicas mixtas, así como imprimaciones de cola de conejo, resina vinílica y oleorresina para su utilización artística en la policromía de dolomía. Sin embargo no se realizaron ensayos de resistencia a la intemperie.

Para ello en este apartado se han seleccionado algunas de las técnicas más relevantes que se utilizan en la actualidad. Estos ensayos se han efectuado previamente a la



realización de la tesis y han corroborado la elección de los silicatos como producto para realizar la policromía. Estos ensayos también se han considerado para contrastar los resultados obtenidos con la pintura mineral. En este apartado se detallan los puntos más relevantes respecto a su resistencia a la intemperie sobre el soporte de dolomía, y también otros datos importantes sobre la capa pictórica que forman cada uno de ellos independientemente. Estos datos también van a contribuir a conocer si son viables como capa de acabado de la pintura al silicato.

*Fig.616. Virgen de la Inmaculada en el exterior del parteluz de la Puerta del Perdón, sobre peana y bajo un pequeño dosel. Catedral de Segovia. Posiblemente procedente de la antigua Catedral y de la época de Juan Guas, siglo XV. Escultura en piedra con restos de óxido rojo. La pieza presenta restos de una pátina de color en la cara y manto, el color cálido se observa en gran parte de su superficie, pese al deterioro y suciedad que presenta la pieza, ya que esta colocada a la intemperie. Fot. Á. Sánchez Davía.*

En épocas pasadas se solían emplear emulsiones orgánicas como imprimación de casi todos los soportes, pero éstas son poco resistentes a la intemperie al ser rápidamente atacadas por los agentes medioambientales.

*“A partir de 1900 las emulsiones han adquirido gran importancia en la técnica de la imprimación, después de haberse comprobado en muchos casos sus ventajas. Si se tiene en cuenta que los pintores de la Antigüedad utilizaron ya como vehículos para sus pinturas sustancias albuminoideas, leche, caseína, clara y yema de huevo y*

*sangre, se pueden contar las emulsiones entre los vehículos más antiguos en el arte de la*

<sup>456</sup> SANCHEZ DAVIA, A. “Volumen y Color escultórico” Dirección: Pablo de Arriba del Amo. [Tesina]. Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense, Madrid, 2004.

*pintura. Las emulsiones de clara de huevo con sustancias grasas (aceite de linaza), a las que pertenece la temple natural, son un material excelente que puede utilizarse como imprimación para la pintura al óleo, al barniz y al temple sobre maderas bien secas, enlucidos, piedras y telas*<sup>457</sup>.

El aceite es uno de los medios pictóricos más populares. En la época románica comenzó a utilizarse profusamente la utilización del aceite de linaza como aglutinante en la policromía sobre escultura en piedra y fue el preludio de la pintura al óleo. (Anexo I. apartado I.1.3 Época medieval, Románico y Gótico). En algunos de los tratados pictóricos más importantes se encuentran datos sobre la aplicación de capas grasas de imprimación sobre piedra, técnica poco aconsejable si la pieza va a estar expuesta a la humedad. Francisco Pacheco indica que *“Las piedra o pizarras (aunque pocos pintan con ellas en España) se emprimarán con dos manos de imprimación al olio, la segunda con más cuerpo*<sup>458</sup> Siendo la imprimación indicada de albayalde y sombra de Italia molidos con aceite de linaza. Por otra parte Cennino Cennini indica de modo poco específico el procedimiento para dorar y bruñir una estatua de piedra, método que también se basa en la acción del aceite como producto adhesivo, realizándose el pegado de la hoja de oro en mordiente, mediante la aplicación de una capa de barniz con gran parte de aceite de linaza cocido.<sup>459</sup>

Una de las técnicas más empleadas tradicionalmente sobre piedra es la lechada de cal. Consiste en extenderla en varias capas y diluida sobre un fondo húmedo, dejando tiempo para que reaccione con el soporte por carbonatación de la cal.

*“tierras desleídas en agua de cal, incluso cierta proporción de cal grasa y alumbre, formando un tenue revoquillo, que posteriormente se carbonataría creando esa película pigmentada y sólidamente adherida al soporte [...] Lo que realmente ocurría es que esta mezcla, al penetra el agua de cal en unos milímetros en la superficie, carbonataba el material cementicio de la roca, generalmente calizo, consolidando ésta y dotándola de una mayor dureza y protección a los agentes exteriores, con independencia de la capa externa pigmentada, fuertemente adherida por su componente de carbonato cálcico.”*<sup>460</sup>

Para aportar un matiz de color sobre la piedra se añadía a la preparación de cal, pigmentos inalterables por los álcalis e hidratados en proporción no superior al 10%, y para aumentar su adhesividad se solía mezclar la cal con caseína o leche, aunque *“la cola animal o*

---

<sup>457</sup> HILD, K. W. *Manual del pintor decorador: Guía para pintores, barnizadores, doradores vidrieros, empapeladores y estuquistas*. Versión de la 3ª Ed. Barcelona: Gustavo Gili, S.A., 1950. p. 312

<sup>458</sup> PACHECO, Francisco. *Arte de la pintura su antigüedad y grandezas*. Tomo II. Madrid: Cátedra, 1956. p. 482

<sup>459</sup> CENNINI, Cennino. *Tratado de la pintura: El libro del arte*. Madrid: Akal, 1988. pp. 219-220

<sup>460</sup> GARATE ROJAS, Ignacio. *Artes de la cal*. Madrid: Ministerio de Cultura, Dirección General de Bellas Artes y Archivos I.C.R.B.C., 1993. p. 249



*vegetal no son vehículos naturales para la cal y no resisten a la intemperie*".<sup>461</sup> La importancia de la utilización de caseína sobre un mortero de cal es la formación de caseinato de cal, que produce una combinación insoluble *"Ya en la Antigüedad se conocía como vehículo la caseína de la leche combinada con la cal y por consiguiente la técnica de la caseína es una de las más antiguas. En la Edad Media y hasta nuestros tiempos se empleó la leche cuajada mezclada con cal para ligar los colores"*.<sup>462</sup>

Los temples no son aconsejables para su exposición a la intemperie, por ejemplo con respecto a la cola animal *"En interiores se puede extender sobre cualquier enlucido, y ser también ejecutada sobre piedra, tela, papel y madera, y sólo exige un fondo bien seco. Por el contrario, en exteriores no es duradera y no se ha conseguido por ningún medio hacerla más estable, porque la cola se hincha con la humedad del aire, disminuye su fuerza adhesiva y la pintura se desconcha y salta"*.<sup>463</sup> En general los aglutinantes orgánicos cuando se exponen a la intemperie estarán sometidos a: - las condiciones degradantes de microorganismos, -a la acción del agua sobre el aglutinante por disolución (temples al huevo y cola, goma arábiga), - degradación por formación de capas no transpirables (en el caso de la entrada de humedad en el soporte con levantamientos de la capa pictórica), - la acción de los distintos coeficientes de dilatación y contracción entre capa pictórica y soporte producidas por los cambios de temperatura o grosor de la capa (resinas acrílicas, vinílicas...).

Para contrastar los resultados obtenidos con la pintura mineral se han preparado unas probetas con distintas técnicas pictóricas contemporáneas para su exposición a la intemperie. Así también se estudiará si alguna de ellas es viable como capa de acabado de la pintura al silicato.



*Fig. 617. Enrique. Talla directa en dolomía con policromía parcial al óleo y trazados de gradina sobre la policromía. Medidas del conjunto: 60 x 29 x 24 cm.*

<sup>461</sup> HILD, K. W. *Manual del pintor decorador: Guía para pintores, barnizadores, doradores vidrieros, empapeladores y estuquistas*. Versión de la 3ª Ed. Barcelona: Gustavo Pili, S.A., 1950. p. 266.

<sup>462</sup> HILD, K. W. *Manual del pintor decorador: Guía para pintores, barnizadores, doradores vidrieros, empapeladores y estuquistas*. Versión de la 3ª Ed. Barcelona: Gustavo Pili, S.A., 1950. p. 277.

<sup>463</sup> HILD, K. W. *Manual del pintor decorador: Guía para pintores, barnizadores, doradores vidrieros, empapeladores y estuquistas*. Versión de la 3ª Ed. Barcelona: Gustavo Pili, S.A., 1950. p.272.

## IV. 1 PRODUCTOS (óleo, alquídico, H<sub>2</sub>Oil, Acrílico, Spray)

Probetas: Dolomía de Bernuy.

Aplicación de la pintura: Sin imprimación previa. Para las capas en veladuras se diluyó la pintura hasta obtener una capa fluida.

### **1 OLEO      producto para artistas      WINSOR & NEWTON**

-Óleo: Técnica tradicional que ofrece posibilidades únicas en la aplicación de veladuras con pinturas y pigmentos de alta calidad.

|                          |           |            |                                   |
|--------------------------|-----------|------------|-----------------------------------|
| 1ª capa(oleorresina)     | 31-8-2006 | 26°C       | (médium dammar)                   |
| 2ª capa( blanco titanio) | 5-9-2006  | 2:00h 29°C | diluido en trementina (veladura)  |
| 3ª capa( blanco titanio) | 6-9-2006  | 5:00h 28°C | diluido-trementina(más cubriente) |
| 4ª capa( blanco titanio) | 9-9-2006  | 6:00h 27°C | empaste sin diluir                |

**DIA 10-10- 2006 Colocación intemperie**

### **2 ALQUÍDICO      producto para artistas      WINSOR & NEWTON**

- Alquídico: Aglutinante graso que forma capas pictóricas de alta resistencia, duración y secado más rápido que el óleo. Se puede aplicar en veladuras y presenta una amplia gama de colores artísticos. El proceso de secado de estas resinas requiere oxígeno, pero precisa menos reacciones químicas que la pintura al óleo y por lo tanto su secado es más rápido<sup>464</sup>.

|                         |           |   |
|-------------------------|-----------|---|
| 1ª capa- oleorresina    | 31-8-2006 | (médium dammár)                                 |
| 2ª capa- blanco titanio | 1-9-2006  | 3:00h 25°C muy diluido en trementina (veladura) |
| 3ª capa- blanco titanio | 2-9-2006  | 7:00h 27°C diluido                              |
| 3ª capa- blanco titanio | 2-9-2006  | 7:00h 27°C empaste                              |

**DIA 10-9-2006 Colocación a la intemperie**

### **3 H<sub>2</sub>OIL      producto para artistas      TALENS- VAN GOGH**

- Producto graso que se puede diluir en agua, lo que facilita su manipulación, aunque no se tienen referencias de duración y resistencia. *“Una reciente novedad es una pintura al aceite miscible con agua, formulada con un aglutinante al óleo que ha sido modificado para mezclarse con agua en vez de repelerlo”*.<sup>465</sup> Amplia gama de colores artísticos.

#### Diluido en trementina

|                         |           |   |
|-------------------------|-----------|---|
| 1ª capa- oleorresina    | 31-8-2006 | (médium dammár)                                 |
| 2ª capa- blanco titanio | 1-9-2006  | 3:00h 25°C muy diluido en trementina (veladura) |
| 3ª capa- blanco titanio | 2-9-2006  | 7:00h 27°C diluido                              |
| 3ª capa- blanco titanio | 2-9-2006  | 7:00h 27°C empaste                              |

#### Diluido en agua

|                         |          |   |
|-------------------------|----------|---|
| 1ª capa- blanco titanio | 1-9-2006 | 3:00h 25°C muy diluido en agua (veladura) |
| 2ª capa- blanco titanio | 1-9-2006 | 5:00h 25°C diluido                        |
| 3ª capa- blanco titanio | 2-9-2006 | 8:00h 27°C diluido pero más cubriente     |
| 3ª capa- blanco titanio | 2-9-2006 | 8:00h 27°C empaste                        |

**DIA 10-9-2006 Colocación a la intemperie**

<sup>464</sup> CROOK, Jo; LEARNER, Tom. *The Impact of Modern Paints*. New York: Watson-Guption Publications, 2000. p. 17.

<sup>465</sup> CROOK, Jo; LEARNER, Tom. *The Impact of Modern Paints*. New York: Watson-Guption Publications, 2000. p. 15.

#### **4 ACRILICO**

**(Dos tipos)**

La pintura acrílica desarrollada para su uso en exteriores, destaca que se pueden utilizar sobre cualquier soporte son magras y muy resistentes.<sup>466</sup> Se utilizaron dos tipos:

##### **A- ACRILICO- exteriores**

**VALON-PREMIUM MATE**

Seleccionado porque se indica que es microporoso y con buena resistencia a la intemperie. Los colores comercializados no ofrecen garantía de resistencia a los rayos UV. La gama de colores que ofrecen es muy amplia y resultado de mezclas, pero no disponen de colores puros.

|                         |           |                                       |
|-------------------------|-----------|---------------------------------------|
| 1ª capa- fondo fijador  | 31-8-2006 |                                       |
| 2ª capa- blanco         | 1-9-2006  | 25°C Diluido al 20% en agua destilada |
| 3ª capa- blanco titanio | 2-9-2006  | 27°C sin diluir.                      |
| 3ª capa- blanco titanio | 2-9-2006  | 27°C sin diluir(Cubriente).           |

**DIA 10-9-2006 Colocación intemperie**

##### **B- ACRILICO- para artistas**

**TALENS Y WINSOR & NEWTON**

Amplia gama de colores, pinturas de calidad para artistas. Forma capas impermeables excepto si son muy finas.

##### **Amarillo Azo Medio (serie 2)**

**TALENS - REMBRANDT**

|         |          |      |                                    |
|---------|----------|------|------------------------------------|
| 1ª capa | 1-9-2006 | 25°C | Muy diluido 1p. pintura x 3p. agua |
| 2ª capa | 2-9-2006 | 27°C | Diluido 1p pintura x 3p. agua.     |
| 3ª capa | 6-9-2006 | 28°C | Diluido muy poco en agua destil.   |
| 3ª capa | 6-9-2006 | 28°C | Sin diluir                         |

##### **Blanco de Titanio (serie 1)**

**WINSOR & NEWTON (Galería)**

|         |          |       |      |                                   |
|---------|----------|-------|------|-----------------------------------|
| 1ª capa | 5-9-2006 | 2:00h | 29°C | Muy diluido trementina (veladura) |
| 2ª capa | 6-9-2006 | 5:00h | 28°C | Diluido (mas cubriente)           |
| 3ª capa | 9-9-2006 | 5:00h | 27°C | Diluido muy poco en agua dest.    |
| 3ª capa | 9-9-2006 | 5:00h | 27°C | Cubriente                         |

**DIA 10-9-2006 Colocación intemperie**

#### **5 SPRAY**

**MONTANA**

Se ha elegido esta pintura al considerarse muy resistente a la intemperie y para poder comparar los resultados con el resto de pinturas.

|         |           |   |
|---------|-----------|---|
| 1ª capa | 17-9-2006 | muy pulverizado (directamente S/piedra) |
| 2ª capa | 17-9-2006 | medio                                   |
| 3ª capa | 17-9-2006 | cubriente                               |

**DIA 10-9-2006 Colocación intemperie**

---

<sup>466</sup> CROOK, Jo; LEARNER, Tom. *The Impact of Modern Paints*. New York: Watson-Guption Publications, 2000. pp. 28-29.



## ENSAYO N° 74

## INTEMPERIE

### 6 meses exposición intemperie.

Del 10- Septiembre 2006 al 11 Marzo 2007

Figs. 618 a 620. Probetas intemperie y referencia.

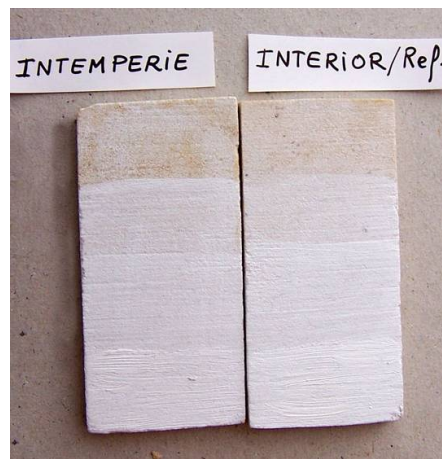
#### 1. OLEO

Color: Blanco de Titanio Winsor & Newton

Observaciones: No se aprecia cambio de tono.

Fricción/seco: ambas piezas manchan, ligeramente más la pieza que ha estado a la intemperie.

Fricción/húmedo: La pieza de referencia no mancha, y la que ha estado a la intemperie mancha visiblemente.



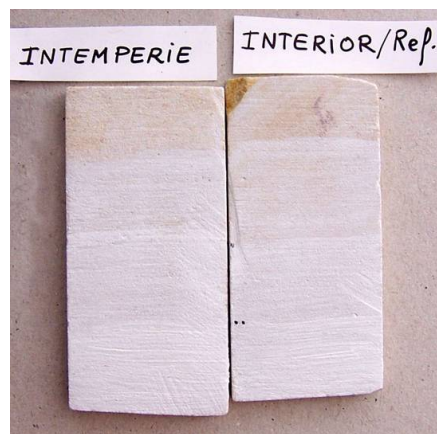
#### 2. ALQUÍDICO

Color: Blanco de Titanio Winsor & Newton, Griffin.

Observaciones: No se observa cambio de tono o pérdida de color.

Fricción/seco: Ambas piezas manchan ligeramente al frotar con una tela oscura.

Fricción/húmedo: la pieza de referencia no mancha mientras que la que ha estado a la intemperie mancha ligeramente.



#### 3. H<sub>2</sub>OIL.

Color: Blanco de Titanio (Talens- Van gogh)

A –(parte superior) producto diluido con agua destilada.

Observaciones: Por efecto de la intemperie se ha producido una pérdida de color (totalmente en la 1ª veladura y parcialmente en la segunda).

Fricción/seco: la probeta que ha estado a la intemperie mancha visiblemente el trapo oscuro, mientras que la de referencia mancha menos.

Fricción en húmedo: se observa lo mismo que en seco.

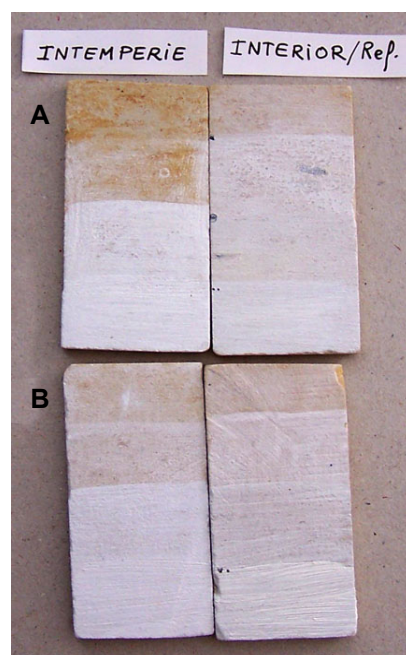
B –(parte inferior) producto diluido con esencia de trementina.

Observaciones: Ha perdido ligeramente algo de color en las primeras veladuras de la pieza que ha estado a la intemperie.

Amarilleamiento en la capa pictórica más gruesa de la pieza de referencia diluida con trementina.

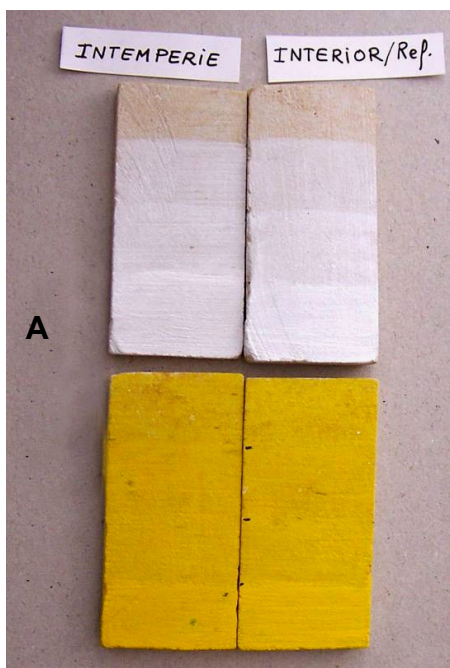
Fricción/seco: la pieza que ha estado a la intemperie pierde mucho color.

Fricción/húmedo: la pieza que ha estado a la intemperie pierde bastante color.



**6 meses exposición intemperie.**

**Del 10- Septiembre 2006 al 11 Marzo 2007**



#### **4. ACRÍLICOS.**

##### **A- ACRILICO para artistas**

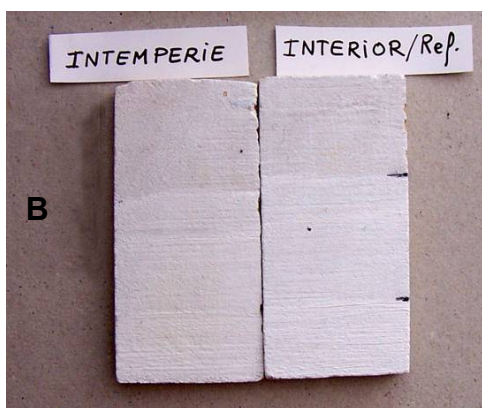
###### Colores:

- Blanco de Titanio (serie 1) Winsor & Newton (Galería)
- Amarillo azo medio (serie 2) Talens – Rembrandt.

###### Observaciones:

No se observan cambios de tono (estabilidad del color).

Fricción en seco y húmedo: Buena resistencia en general.

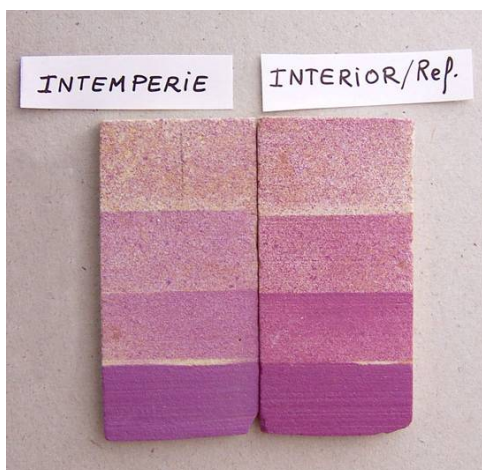


##### **B- ACRILICO para fachadas (microporosa):**

Color: Blanco. Marca: “Valon”- Premium mate.

Observaciones: No se observan cambios de tono, excepto en la pieza que ha estado a la intemperie que presenta un ligero tono amarillento poco significativo.

Fricción en seco y húmedo: Buena resistencia a la fricción.



#### **5. SPRAY poliuretano.**

Color: Violeta. Marca: “Montana”

Observaciones: Decoloración y cambio de tono considerable en la pieza que ha estado a la intemperie, siendo su color más mortecino y frío (azulado) que en el de la pieza de referencia.

Fricción en seco y húmedo: Buena resistencia a la fricción.

Figs. 621 a 623. Fotografías de las probetas.

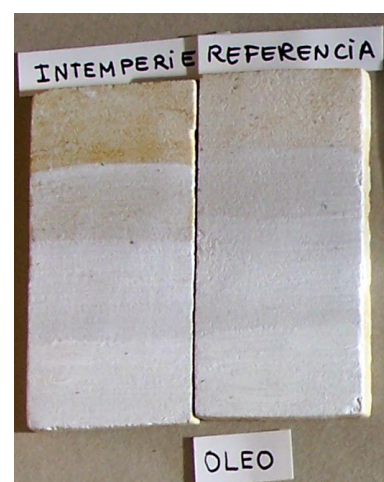


**1 año de exposición a la intemperie, del 10 Septiembre 2006 a Septiembre 2007**

**1. OLEO**

Color: Blanco de Titanio Winsor & Newton

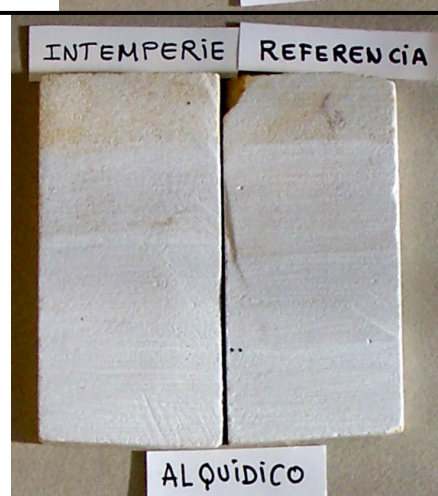
Observaciones: La pieza que ha estado a la intemperie presenta pérdida de color bastante marcada en la zona de veladura.



**2. ALQUÍDICO**

Color: Blanco de Titanio Winsor & Newton

Observaciones: sólo en la capa de veladura se observa una leve pérdida de tono.



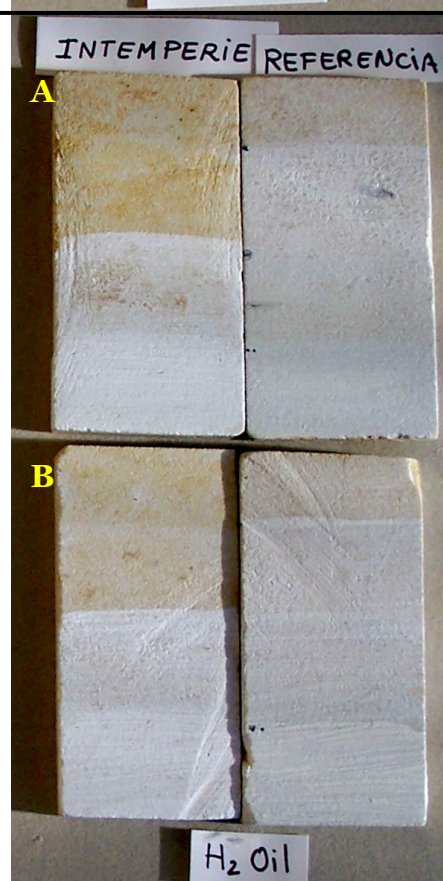
**3. H<sub>2</sub>OIL.**

Color: Blanco de Titanio (Talens- Van gogh)

Observaciones:

**A** – (parte superior de la fotografía) producto diluido con agua destilada. Pérdida completa de color en 1ª y 2ª veladura).

**B** – (parte inferior de la fotografía) producto diluido con esencia de trementina. Pérdida de color en 1ª y 2ª capas de veladura.



*Figs. 622 a 624. Fotografías de las probetas.*



**1 año de exposición a la intemperie, del 10 Septiembre 2006 a Septiembre 2007**



**4. ACRÍLICO.**

**A- ACRILICO para artistas**

Colores:

- Blanco de Titanio (serie 1) Winsor & Newton (Galería)
- Amarillo azo medio (serie 2) Talens – Rembrandt.

Observaciones:

No se observan cambios de tono (estabilidad del color).  
En las primeras en las primeras capas presenta una leve pérdida de tono.



**B- ACRILICO para fachadas (microporosa):**

Color: Blanco. Marca: “Valon”- Premium mate.

Observaciones: No se observan variaciones de tono, ni cambios en la capa pictórica.

---

**Intemperie      Referencia**



**5. SPRAY poliuretano.**

Color: Violeta. Marca: “Montana”

Observaciones: Decoloración importante en la pieza que ha estado a la intemperie.

*Figs. 625 a 627. Probetas intemperie y referencia.*

**2 Años de exposición a la intemperie, del 10 Septiembre 2006 a Septiembre 2008**

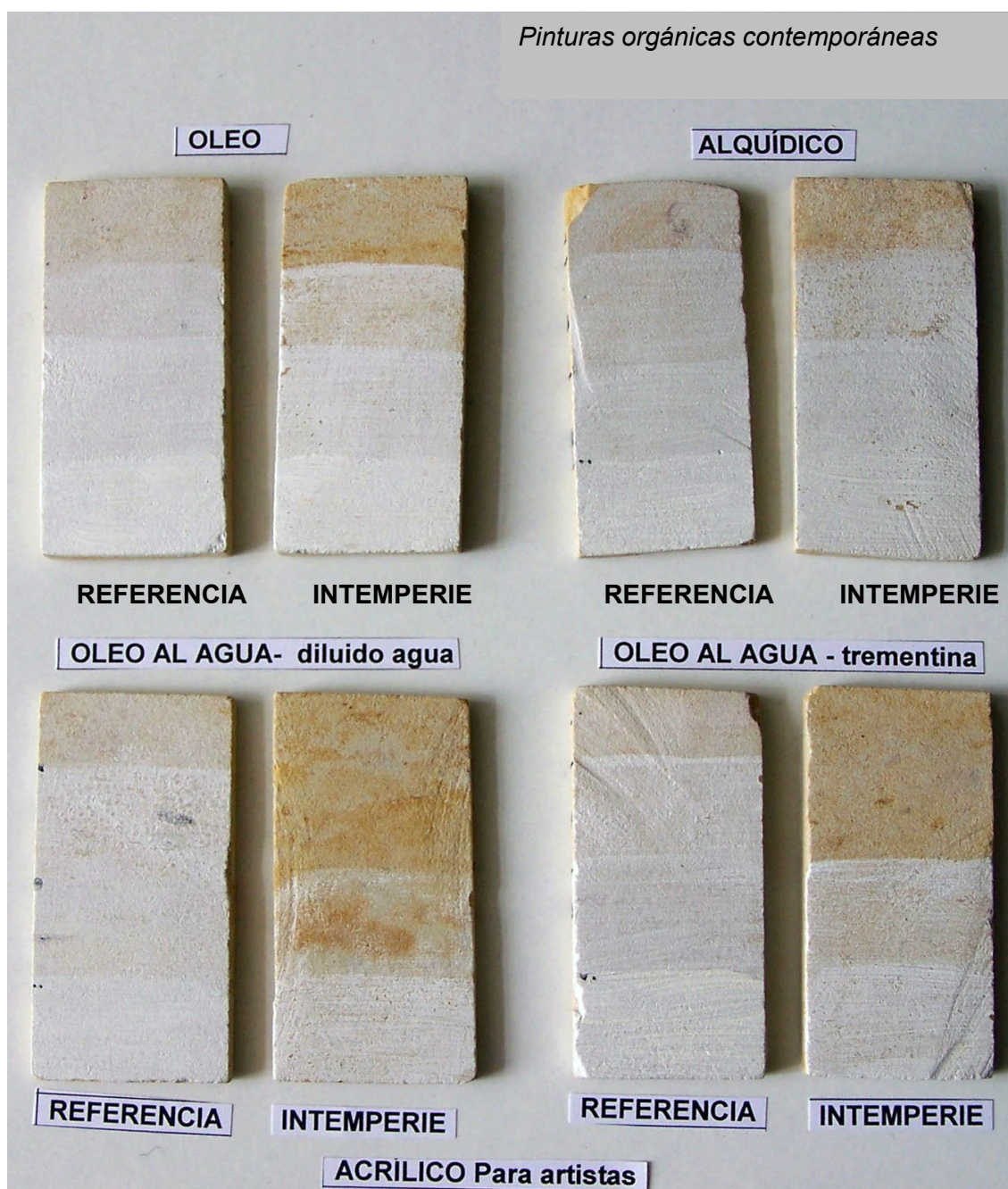


Fig. 628. Fotografías de las probetas

En la parte inferior de la fotografía (fig. 628) se observa la escasa resistencia a la intemperie del óleo al agua. Las probetas con óleo y alquídico también han perdido la pintura en la zona correspondiente a la veladura, esto se debe a que son unas capas que se han aplicado muy diluidas y a que no existe una capa de imprimación previa, por lo que el aglutinante del pigmento ha sido absorbido por el soporte.



**2 Años de exposición a la intemperie, del 10 Septiembre 2006 a Septiembre 2008**



*Fig. 629. Fotografías de las probetas.*

Con respecto al acrílico para artistas indicar que es muy resistente, aunque ha perdido pigmento en las capas más diluidas ya que tienen muy poco aglutinante. El acrílico para fachadas presenta muy buena resistencia a la intemperie en las capas más finas, sin embargo en la capa cubriente más gruesa presenta un ligero desconchamiento en la parte inferior de la probeta (fig. 629). En cuanto a la pintura en spray indicar que los colores son poco resistentes a la luz solar y en la capa pictórica, si se aplica en capa gruesa, terminan apareciendo desconchados como ocurría con el acrílico.



## **ENSAYO N° 75**

## **INMERSIÓN DE LAS PROBETAS**

Las probetas de dolomía para ensayar “Otras técnicas pictóricas” se realizaron por triplicado, unas se guardaron como referencia a la oscuridad y en interior, otras se expusieron a la intemperie y las terceras se reservaron en interior para su posterior inmersión en agua destilada realizándose con ellas el ensayo que se detalla a continuación.

Fecha de realización: 11-3-2007. Seis meses después de la aplicación.

Este ensayo se realiza para observar los efectos inmediatos de la humedad cuando ésta penetra en el soporte, fundamentalmente si existe dilución o levantamiento de la capa pictórica. Para ello las probetas se sumergen durante 24 horas en agua destilada, después se intentará levantar o rayar la capa pictórica utilizando una espátula metálica.

**OBSERVACIONES.** Sobre las probetas después de 24 horas inmersas en agua destilada

- 1. Óleo:** La capa pictórica se raya levemente, excepto en la capa aplicada en veladura.
- 2. Alquídico:** Es el más resistente de todos ya que no se puede rayar. No se observan otros efectos producidos por la humedad.
- 3. H2Oil:** Las capas más gruesas se rayan fácilmente, por lo que presentan poca adhesión.
- 4. Acrílico:** Las capas de todas las piezas se pueden rayar fácilmente, e incluso se desprenden trozos de pintura en las capas más gruesas, exceptuando la capa aplicada en veladura de la pintura acrílica para artistas.  
En la pieza de acrílico para fachadas se observa que incluso la capa más fina de veladura se puede rallar, produciéndose el mismo efecto de levantamiento en la capa gruesa.  
También se observó que en la prueba correspondiente al tono amarillo (pintura para artistas) se producen pequeñas ampollas con el consiguiente levantamiento de la pintura.
- 5. Spray:** No se observan cambios.

## **OBSERVACIONES GENERALES**

La dolomía aunque tiene poca porosidad absorbe el aglutinante graso, razón por la que la mayoría de las probetas pintadas al óleo manchan levemente, por lo que es conveniente aplicar una capa selladora o imprimación sobre la superficie pétreo antes de aplicar óleo o sustancias grasas (ver Capítulo II. Apartado 4. Cambiando el índice de refracción de la dolomía).

El óleo al agua (H<sub>2</sub>Oil) se descarta al ser extremadamente sensible al agua, y también los productos alquídicos al formar una capa muy dura propensa al amarilleo.

La pintura en spray se utilizó en esta prueba para constatar su resistencia sobre la piedra pero el deterioro por decoloración ha sido muy rápido, además también forma una capa muy impermeable que es propensa al levantamiento. De todas formas la utilización de spray industrial no es un medio práctico para realizar policromías.

Uno de los productos que mejor han resistido a la intemperie y a las condiciones de humedad ha sido la resina acrílica, sobre todo cuando se aplican en capas muy finas, y mejor aún si se ha aplicado previamente una capa muy diluida de la misma resina a modo de imprimación. Es una técnica que se podría aplicar en capas muy diluidas a modo de veladura sobre la pintura al silicato, pero en esta tesis no se ha elegido para este fin por dos razones: la primera porque se pretendía cambiar el índice de refracción de la pintura al silicato, para lo cual es necesario un producto al aceite, y segundo por la rapidez de secado que dificulta la distribución de la veladura y la realización de difuminados. De todas formas indicar que con la utilización de acrílicos en veladura se consiguen unos resultados realmente extraordinarios en la realización de pátinas y superposiciones de colores transparentes.

Por último indicar que las capas cubrientes de pintura acrílica es fácil que presenten desprendimientos del soporte de dolomía, sobre todo si éste tiene una superficie muy lisa como en las probetas. Los colores para artistas de alta calidad suelen tener una buena resistencia a la luz, sin embargo los colores industriales no ofrecen garantías de estabilidad a la luz y se presentan en colores genéricos (verde, azul, amarillo, etc).

## IV. 2 OLEAGINOSIDAD DE LOS PRODUCTOS

La prueba se realiza sobre papel secante para comprobar lo graso que son los productos.

### ENSAYO Nº 76

### OLEAGINOSIDAD



Fig. 630. Pinturas utilizadas en el ensayo.

#### Productos

##### Óleo:

- Blanco de Titanio (Permanencia AA, Lightfastness I) Winsor&Newton-Winton Oil Colour.
- Amarillo de Cadmio, nº 108, (Permanencia A, Series 4) Winsor&Newton-Winton Oil Colour.

##### Alquídico:

- Blanco de Titanio (Permanencia AA, Series I) W&N-Griffin Alkyd- Óleo de secado rápido.
- Amarillo de Cadmio Medio (Permanencia A, Series 2), W&N-Griffin Alkyd- Óleo de secado rápido.

##### Óleo al agua:

- Blanco de Titanio. Nº 105. (+++, opaco) Talens- Van Gogh. H<sub>2</sub>Oil Colour. Mezclable con agua.
- Amarillo Azo Medio, nº 269, (+++, semi-opaco), Talens- Van Gogh. H<sub>2</sub>Oil Colour. Mezclable con agua.

##### Acrílico:

- Blanco de Titanio (Permanencia AA, Series1), Winsor & Newton -Galería.
- Amarillo Azo Medio, nº 269, (+++, semi opaco), Talens Artists Extra Fine Quality.

**Descripción:** Se realizan cuatro probetas con papel absorbente según se detallan:

Nº 1. - Muestras de referencia.

Nº 2. - Aplicación previa de hidrofugante sobre el papel.

Nº 3. - Probeta para introducir en agua y observar: 1º La absorción del papel – aceite aportado por la pintura y 2º La adhesión de las capas de pintura al soporte de papel una vez mojado, ya que el agua a saturación fuerza el desprendimiento de las capas de pintura.

Nº 4. - Probeta de flexibilidad. Se curvará manualmente el papel hasta lograr la fractura de la capa aplicada estableciendo una comparativa entre los productos aplicados.



**Proceso:**

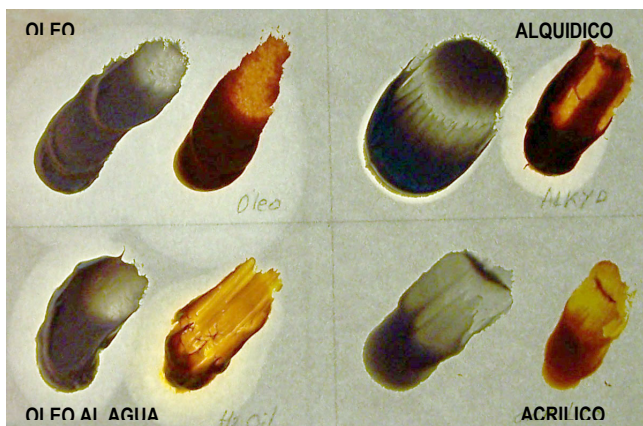
Día 26-2-2007

Aplicación de los distintos productos de pintura (sin diluir) sobre papel secante utilizado en grabado (fig. 631). Se realizan las cuatro probetas todas ellas con las mismas características, excepto una que se hace sobre papel hidrofugado previamente con Lotexan-N.



*Fig. 631. Divisiones de las probetas según los productos a experimentar.*

Día 1-3-2007. Probeta de referencia tres días después de la aplicación, sin tratamiento previo. En la fotografía tomada al trasluz se aprecian los halos grasos de cada uno de los productos empleados, siendo el óleo el producto más graso (fig. 632).



*Fig. 632. Fotografía tomada al trasluz en la que se ven los halos grasos de cada uno de los productos.*

**Observaciones generales y prueba de flexibilidad\***

*\* Esta prueba de flexibilidad se realiza flexionando el papel en la zona correspondiente a la capa pictórica hasta que ésta quiebra.*

Óleo: Presenta unos colores muy limpios y no amarillea. Es el que contiene mayor cantidad de aceite, el halo graso llega a los 20 mm. de diámetro alrededor de la aplicación. La capa pictórica es muy poco flexible.

Alquídico: Es aceitoso, pero el cerco es el más pequeño, aproximadamente de 5 mm máximo, y con cierto tono amarillento. Capa pictórica muy poco flexible.

Óleo al agua: Presenta un cerco graso de aproximadamente 7mm con un tono amarillento más oscuro que las demás pinturas. El color blanco es el que más ha amarilleado de todas las técnicas experimentadas. La flexibilidad de la capa de pintura es media.

Acrílico: Capa muy flexible que se desprende del papel ejerciendo poca presión después de haberlo introducido durante 7 horas en agua. El color no sufre ningún cambio presentando un blanco limpio.

**Probeta de papel hidrofugado previamente con Lotexan N.**

Hidrofugación del papel: 25-2-2007 con K. Lotexan N - dos capas abundantes.

Aplicación de los colores: el día 2-3-2007 (cinco días después)

Realización de las pruebas- día 11-11-2007 (8 meses después de la aplicación de los colores)

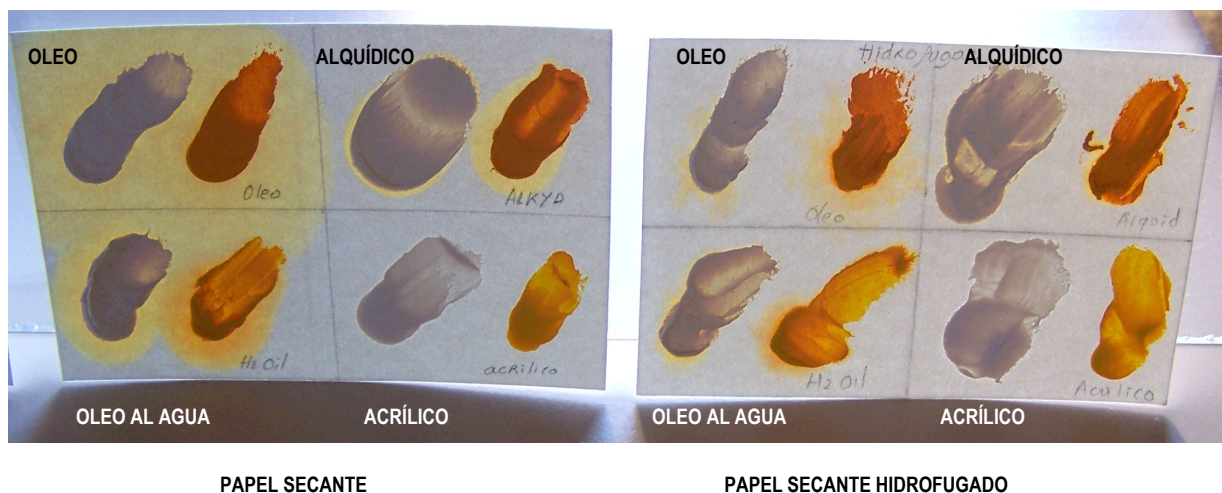


Fig.633.Fotografía tomada al trasluz en la que se ven los halos grasos sobre papel hidrofugado y sin tratamiento.

En la fotografía tomada a contraluz se observa que los halos producidos por el aceite han adquirido un tono amarillento, sobre todo en la zona correspondiente al óleo del papel sin tratamiento previo (fig. 633). El papel de la parte derecha fue hidrofugado previamente a la aplicación del óleo (fig. 633). Este hidrofugante es específico para piedras porosas y no es apropiado para materiales orgánicos como el papel, sin embargo se observa que reduce considerablemente la absorción del aceite ya que el papel tratado absorbe aceite de forma irregular y reducida (probeta de la derecha en la fig. 633).

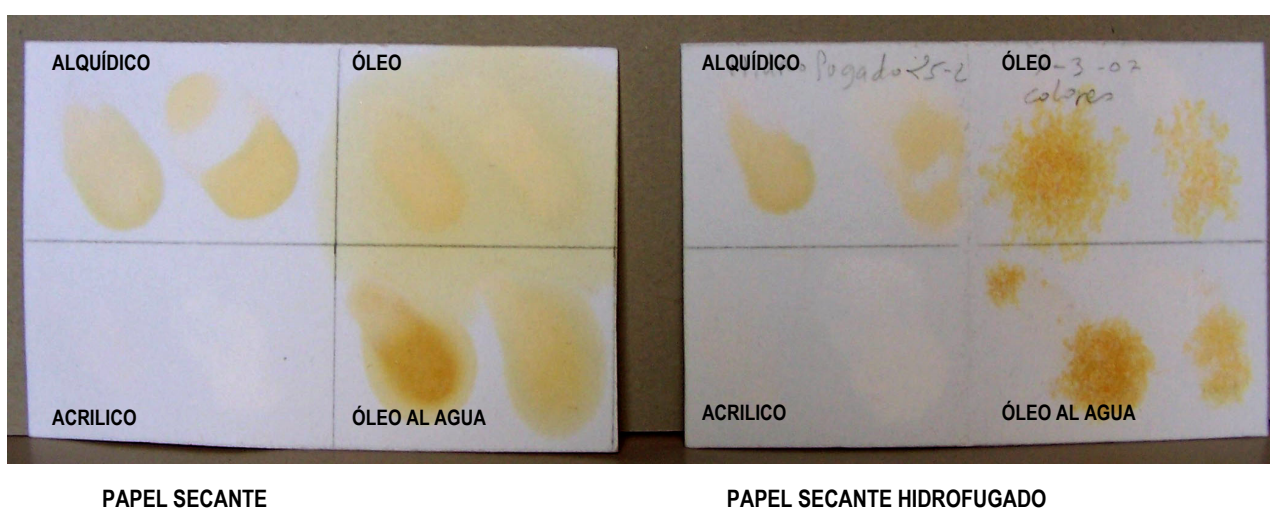


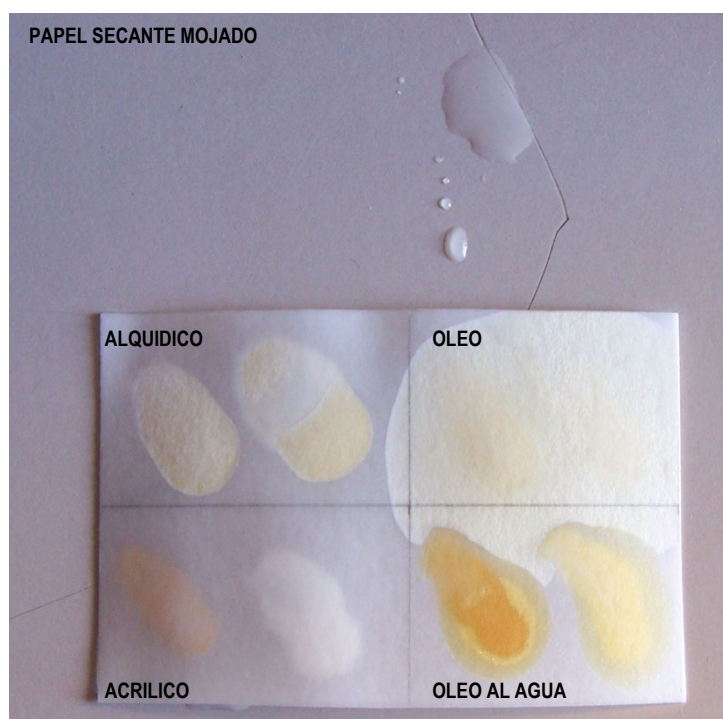
Fig. 634. Parte posterior de los papeles, uno sin tratamiento a la izquierda y otro hidrofugado a la derecha.

El halo graso del óleo en el papel hidrofugado es de unos 8 mm. e irregular (medida tomada desde donde acaba la pintura hasta donde acaba el halo graso), mientras que en el papel sin tratamiento previo es de unos 20 mm. y uniforme (fig. 633). En el alquídico sobre papel

hidrofugado el cerco se extiende aprox. 3mm. de forma regular, mientras que en el papel sin tratar el cerco es de 5mm. En la técnica de óleo al agua el cerco graso el papel hidrofugado es de 5mm e irregular, siendo de 7mm en el papel sin tratar. En el caso del acrílico el único problema podría haberse producido es por el tratamiento hidrófobo que se ha dado al papel, pero el agarre y adhesión de la capa plástica de la pintura acrílica es muy buena sobre el papel hidrofugado (aunque se fuerza con la espátula metálica no se desprende).

### **Probeta introducida en agua. Observaciones**

Fotografía (fig. 635). Parte posterior de uno de los papeles secantes que se ha introducido en agua destilada durante 7 horas.



En la parte posterior de la probeta se observa que, en las zonas correspondientes a los halos grasos que se han producido por el óleo (de 20mm) y alquídico (halo de 3mm) no se han mojado. Además se intenta desprender la capa pictórica de estas dos técnicas de la superficie del papel con una espátula metálica y su agarre es fuerte (cuesta levantarlo de la superficie), y se observa también que la capa pictórica formada por estas técnicas es poco flexible.

*Fig. 635. Parte posterior del papel sin tratamiento previo sumergido en agua.*

En la zona donde se aplicó el óleo al agua el cerco de aceite formado se moja, y la capa pictórica se levanta del soporte de papel con más facilidad. En el caso del acrílico también ofrece poca resistencia al desprendimiento.

Las pruebas de este apartado son las que me orientaron a experimentar y tomar la decisión de utilizar la técnica al silicato para policromar la dolomía.



## **CAPÍTULO IV. ANEXOS.**

### **ANEXO V**

#### **FICHAS TÉCNICAS**

*Silicato potásico*

*Resina de silicona*

*Resina acrílica*



## KEIM Restauro®-Lasur

### 1. Descripción de producto

KEIM Restauro®-Lasur es una pintura de capa fina, lista al uso, a base de sol-silicato, especial para la realización de veladuras en piedra natural. KEIM Restauro-Lasur es hidrófuga y cumple también los requisitos de la DIN 18363, 2.4.1.

### 2. Areas de aplicación

KEIM Restauro®-Lasur, en combinación con KEIM Restauro®-Fixativ, es especialmente adecuado para la realización de pátinas en superficies de piedra arenisca, p.ej. para igualar tonalidades de zonas reparadas con la piedra original.

KEIM Restauro®-Lasur puede mezclarse con KEIM Restauro®-Fixativ en cualquier proporción, según el efecto de veladura deseado. En soportes poco absorbentes, debe diluirse con KEIM Spezial-Fixativ.

### 3. Características del producto

#### Datos característicos del material

Densidad: 1,15 gr/cm<sup>3</sup>  
Resistencia a la difusión del vapor:  $s_d < 0,01$  m

#### Tonalidades

Según cartas de color KEIM-Naturstein y KEIM-Palette exclusiv.

### 4. Indicaciones de aplicación

#### Soporte

El soporte mineral debe estar seco y libre de polvo. Las pinturas antiguas mal adheridas deben eliminarse.

#### Fijación previa

Los soportes muy absorbentes o arenosos requieren de una fijación previa incolora con KEIM Restauro®-Fixativ sin diluir.

#### Aplicación en veladura

En exteriores, requiere de dos manos en veladura para asegurar la resistencia a la intemperie. En caso de desear un acabado muy transparente, puede aplicarse una sola mano de veladura si se aplica previamente una fijación incolora con KEIM Restauro®-Fixativ.

#### Mano de fondo

La mano de fondo de veladura se aplica generalmente muy diluida, a cepillo.

Proporción de mezcla: entre 1:1 y 1:20 con KEIM Restauro®-Fixativ o KEIM Spezial-Fixativ®.

#### Mano de acabado

La mano de acabado de veladura puede aplicarse con KEIM Restauro®-Lasur sin diluir o, según efecto de veladura deseado, diluido con KEIM Restauro®-Fixativ o KEIM Spezial-Fixativ®.

#### Consumo

Fijación previa:

aprox. 0,2 lt/m<sup>2</sup> KEIM Restauro®-Fixativ

Para dos manos de veladura:

0,1 - 0,2 lt/m<sup>2</sup> KEIM Restauro®-Lasur y

0,1 - 0,4 lt/m<sup>2</sup> KEIM Restauro®-Fixativ

Los valores de consumo indicados son orientativos. El consumo exacto sólo puede determinarse mediante pruebas en obra.

#### Protección adicional contra humedad

Especialmente en veladuras transparentes, pueden necesitarse medidas adicionales de protección contra humedad externa en zonas muy expuestas al agua o para la protección de soportes sensibles a la humedad. En estos casos, se recomienda una imprimación hidrofugante con KEIM Silangrund, y el uso de KEIM Spezial-Fixativ® como diluyente.

#### Tiempos de secado

Entre la fijación previa y la veladura, se respetará un tiempo de secado de 12 horas; entre las distintas manos de veladura, de 24 horas. En caso de imprimación previa con KEIM Silangrund, la primera mano de veladura debe aplicarse al cabo de aprox. 4 horas.

#### Aviso

KEIM Restauro®-Lasur no requiere de hidrofugación posterior.

#### Limpieza de herramientas

Inmediatamente después del uso con agua

## 5. Presentación

Envases de 1 lt., 5 lt. ó 15 lt.

## 6. Almacenaje

12 meses en lugar fresco y protegido contra heladas, y envase cerrado. Proteger contra el calor y contra la incidencia directa del sol.

## 7. Señalización

**según Ordenanza sobre Materiales Peligrosos**  
no procede

**Clasificación de inflamabilidad**  
no procede

## 8. Señalización para el transporte:

no procede

## 9. Gestión de residuos

Catálogo de residuos Europeo: 08 01 12  
Sólo deben llevarse al reciclaje envases totalmente vaciados.

## 10. Indicaciones

Las superficies que no se vayan a pintar (p.ej. vidrio, piedra natural, cerámica, madera etc.) deben protegerse con medidas adecuadas. Las salpicaduras de pintura deben lavarse inmediatamente con abundante agua.  
Proteger los ojos y la piel contra salpicaduras. No comer, beber ni fumar durante el trabajo.  
Guardar fuera del alcance de los niños.

Código de Producto: M-SK 01

Los valores y características indicados son resultado de un trabajo intenso de desarrollo y de experiencias prácticas. Nuestras recomendaciones sobre la aplicación, tanto verbales como escritas, deben ayudar a la hora de la elección de nuestros productos, y no constituyen ninguna relación jurídica contractual. En particular, no eximen al usuario de la obligación de comprobar la idoneidad del producto para el uso previsto. Se respetarán las normas técnicas generales de la construcción. Nos reservamos el derecho a modificaciones que mejoren el producto o su aplicación. Esta edición invalida las anteriores.



KEIM-ECOPAINT IBERICA S.L.

Octavio Lacante 55  
Polígono Can Magarola  
08100 Mollet del Vallès

Tel.: 902 400 570  
Fax: 932 191 455

info@keim.es  
www.keim.es





## KEIM Restauro®-Fixativ

### 1. Descripción de producto

KEIM Restauro®-Fixativ es el diluyente y la imprimación, listo al uso, a base de sol-silicato, para KEIM Restauro®-Lasur y KEIM Restauro®-Variolasur.

### 2. Areas de aplicación

KEIM Restauro®-Fixativ, en combinación con KEIM Restauro®-Lasur y KEIM Restauro®-Variolasur, es especialmente adecuado para la realización de pátinas en superficies de piedra arenisca, p.ej. para igualar tonalidades de zonas reparadas con la piedra original. Las superficies a tratar deben ser porosas (absorbentes).

KEIM Restauro®-Fixativ puede mezclarse con KEIM Restauro®-Lasur en cualquier proporción, según el efecto de veladura deseado.

KEIM Restauro®-Fixativ se emplea también para la imprimación o la fijación previa.

### 3. Características del producto

#### Datos característicos del material

Densidad: 1,05 gr/cm<sup>3</sup>  
Aspecto: incoloro, transparente

### 4. Indicaciones de aplicación

#### Soporte

El soporte mineral debe estar seco, absorbente y libre de polvo. Las pinturas antiguas mal adheridas deben eliminarse.

#### Fijación previa

Los soportes muy absorbentes o arenosos requieren de una fijación previa incolora con KEIM Restauro®-Fixativ sin diluir.

#### Aplicación en veladura

En exteriores, requiere de dos manos en veladura para asegurar la resistencia a la intemperie. En caso de desear un acabado muy transparente, puede aplicarse una sola mano de veladura si se aplica previamente una fijación incolora con KEIM Restauro®-Fixativ.

#### Mano de fondo

La mano de fondo de veladura se aplica generalmente muy diluida, a cepillo.

Proporción de mezcla: entre 1:1 y 1:20 con KEIM Restauro®-Fixativ.

#### Mano de acabado

La mano de acabado de veladura puede aplicarse con KEIM Restauro®-Lasur sin diluir o, según efecto de veladura deseado, diluido con KEIM Restauro®-Fixativ.

Para las indicaciones de aplicación en combinación con KEIM Restauro-Variolasur, consulte las correspondientes Fichas Técnicas.

#### Consumo

Fijación previa:

aprox. 0,2 lt/m<sup>2</sup> KEIM Restauro®-Fixativ

Para dos manos de veladura:

0,1 - 0,2 lt/m<sup>2</sup> KEIM Restauro®-Lasur y

0,1 - 0,4 lt/m<sup>2</sup> KEIM Restauro®-Fixativ

Los valores de consumo indicados son orientativos.

El consumo exacto sólo puede determinarse mediante pruebas en obra.

#### Protección adicional contra humedad

Especialmente en veladuras transparentes, pueden necesitarse medidas adicionales de protección contra humedad externa en zonas muy expuestas al agua o para la protección de soportes sensibles a la humedad. En estos casos, se recomienda una imprimación hidrofugante con KEIM Silangrund, y el uso de KEIM Spezial-Fixativ® como diluyente.

#### Tiempos de secado

Entre la fijación previa y la veladura, se respetará un tiempo de secado de 12 horas; entre las distintas manos de veladura, de 24 horas.

#### Aviso

KEIM Restauro®-Lasur no requiere de hidrofugación posterior.

#### Limpieza de herramientas

Inmediatamente después del uso con agua.



## 5. Presentación

Envases de 5 ó 20 lt.

## 6. Almacenaje

12 meses en lugar fresco y protegido contra heladas, y envase cerrado. Proteger contra el calor y contra la incidencia directa del sol.

## 7. Señalización

**según Ordenanza sobre Materiales Peligrosos**  
no procede

**Clasificación de inflamabilidad**  
no procede

## 8. Señalización para el transporte:

no procede

## 9. Gestión de residuos

Catálogo de residuos Europeo: 06 02 99  
Sólo deben llevarse al reciclaje envases totalmente vaciados.

## 10. Indicaciones

Las superficies que no se vayan a tratar deben protegerse con medidas adecuadas. Las salpicaduras en zonas adyacentes se ablandarán y eliminarán inmediatamente con abundante agua.

Proteger los ojos y la piel contra salpicaduras. No comer, beber ni fumar durante el trabajo.

Guardar fuera del alcance de los niños.

Los valores y características indicados son resultado de un trabajo intenso de desarrollo y de experiencias prácticas. Nuestras recomendaciones sobre la aplicación, tanto verbales como escritas, deben ayudar a la hora de la elección de nuestros productos, y no constituyen ninguna relación jurídica contractual. En particular, no eximen al usuario de la obligación de comprobar la idoneidad del producto para el uso previsto. Se respetarán las normas técnicas generales de la construcción. Nos reservamos el derecho a modificaciones que mejoren el producto o su aplicación. Esta edición invalida las anteriores.



KEIM-ECOPAINT IBERICA S.L.

Octavio Lacante 55  
Polígono Can Magarola  
08100 Mollet del Vallès

Tel.: 902 400 570  
Fax: 932 191 455

info@keim.es  
www.keim.es



## KEIM Spezial-Fixativ®

### 1. Descripción de producto

KEIM Spezial-Fixativ® es un diluyente y una imprimación, para pinturas de dispersión de silicato KEIM según VOB/C DIN 18363, 2.4.1, a base de silicato potásico líquido puro y pequeñas cantidades de aditivos orgánicos.

### 2. Areas de aplicación

KEIM Spezial-Fixativ® sirve de diluyente para los siguientes sistemas de pinturas KEIM:

Sistema KEIM Granital®  
Sistema KEIM Quarzil®  
Sistema KEIM Ecosil®  
Sistema KEIM Biosil®

Con KEIM Spezial-Fixativ® se puede regular y reducir la absorción de soportes minerales muy absorbentes.

### 3. Características del producto

KEIM Spezial-Fixativ® petrifica de forma insoluble con el soporte, es altamente permeable al vapor, muy estable a la intemperie e ignífugo.

- petrifica de forma insoluble con el soporte
- resistente a la intemperie
- no forma película
- extremadamente permeable al vapor de agua
- ignífugo
- resistente a los rayos UV
- medio adverso para la formación de hongos y mohos
- resistente a las emisiones industriales
- resistente a los disolventes
- ecológico, balance ecológico favorable
- intachable para la bioconstrucción

### Datos característicos del material

Peso específico: aprox. 1,03 gr/cm<sup>3</sup>  
pH: aprox. 11,3  
Contenido orgánico: < 5%

### Tonalidad

lechoso

### 4. Indicaciones de aplicación

#### Preparación del soporte

El soporte debe estar firme, seco, limpio y libre de polvo y grasas.

#### Aplicación

Para la imprimación previa de soportes muy absorbentes  
Aplicar KEIM Spezial-Fixativ® sin diluir, a cepillo.

Para diluir los sistemas KEIM Granital®, KEIM Quarzil®, KEIM Ecosil® y KEIM Biosil®  
Véanse las Fichas Técnicas correspondientes.

#### Condiciones de aplicación

Temperatura de ambiente y soporte > +5°C.

#### Tiempos de secado

Entre la imprimación previa y la mano de fondo así como entre las distintas manos de pintura debe respetarse un tiempo de secado mínimo de 12 horas.

#### Consumo

Para una imprimación previa sobre soporte liso:  
aprox. 0,1-0,2 lt/m<sup>2</sup> de KEIM Spezial-Fixativ®

Los valores de consumo indicados son orientativos y varían en función de las características del soporte y de la forma de aplicación. El consumo exacto sólo puede determinarse mediante pruebas en obra.

#### Limpieza de herramientas

Inmediatamente después del uso con agua.



## 5. Presentación

Envases de 5 y 20 lt.

## 6. Almacenaje

En envase cerrado y lugar fresco, pero protegido contra las heladas, aprox. 12 meses. Proteger contra el calor y la incidencia directa del sol. 7. Señalización según Ordenanza sobre Sustancias Peligrosas

no procede

## 7. Señalización según Ordenanza sobre Sustancias Peligrosas

no procede

## 8. Señalización para el transporte

no procede

## 9. Gestión de residuos

Catálogo de residuos Europeo nº. 06 02 99  
Llevar al reciclaje sólo los envases totalmente vacíos.

## 10. Indicaciones

KEIM Spezial-Fixativ® es alcalino. Las superficies que no se vayan a pintar (p.ej. vidrio, piedra natural, cerámica, madera etc.) deben protegerse con medidas adecuadas. Las salpicaduras de pintura deben lavarse inmediatamente con abundante agua.

Proteger los ojos y la piel contra salpicaduras.  
Guardar fuera del alcance de los niños.

Los valores y características indicados son resultado de un trabajo intenso de desarrollo y de experiencias prácticas. Nuestras recomendaciones sobre la aplicación, tanto verbales como escritas, deben ayudar a la hora de la elección de nuestros productos, y no constituyen ninguna relación jurídica contractual. En particular, no eximen al usuario de la obligación de comprobar la idoneidad del producto para el uso previsto. Se respetarán las normas técnicas generales de la construcción. Nos reservamos el derecho a modificaciones que mejoren el producto o su aplicación. Esta edición invalida las anteriores.



KEIM-ECOPAINT IBERICA S.L.

Octavio Lacante 55  
Polígono Can Magarola  
08100 Mollet del Vallès

Tel.: 902 400 570  
Fax: 932 191 455

info@keim.es  
www.keim.es



## KEIM Dekorfarben

**Para murales decorativos en interiores y exteriores  
(Técnica B de KEIM)**

### 1. Descripción de producto

#### KEIM Dekorfarben

KEIM Dekorfarben es una pintura de silicato de dos componentes según VOB/C DIN 18363, 2.4.1 para murales decorativos de máxima durabilidad y luminosidad.

KEIM Dekorfarben se compone de un componente de pintura en polvo fina y de un componente líquido de silicato potásico (Fixativ) como ligante.

#### KEIM Dekorfarbpulver

Pintura en polvo completamente mineral con pigmentos inorgánicos totalmente estables a la luz, y cargas minerales reactivas seleccionadas.

#### KEIM Fixativ®

Ligante de silicato totalmente mineral para KEIM Dekorfarben (5 kg de pintura en polvo + 4 lt de KEIM Fixativ® para conseguir aprox. 10 kg de pintura pastada).

Mezclado con agua en proporción 1:1 para seguir diluyendo la pintura KEIM Dekorfarben pastada, para la aplicación en veladura.

Para la fijación previa de soportes muy absorbentes o arenosos, o para la fijación posterior de pinturas de silicato insuficientemente ligadas (siempre diluido con agua p.ej. en proporción 1:1).

### 2. Areas de aplicación

KEIM Dekorfarben puede emplearse en principio sobre todos los soportes minerales firmes, especialmente en revoques de cal o de cal y cemento, revoques minerales pigmentados, hormigón visto, piedra natural y piedra artificial mineral. En soportes de revoque nuevo, la última capa de revoque debe tener un espesor mínimo de 5 mm. No son adecuados como soporte los revoques aligerados.

KEIM Dekorfarben ofrece múltiples posibilidades decorativas y técnicas de aplicación. Es especialmente adecuado para decoraciones con altas exigencias a la durabilidad y luminosidad.

### 3. Características del producto

- petrifica de forma insoluble con el soporte
- aspecto mineral mate
- pigmentos inorgánicos totalmente estables a la luz
- reflexión total de la luz
- todos los componentes son resistentes a los rayos UV
- ignífuga
- resistente a las emisiones industriales
- resistente a los disolventes
- no se hincha
- máxima permeabilidad al vapor de agua ( $s_d = 0,01$  m)
- permite realizar cualquier técnica, desde veladuras hasta cubriente y granulado
- ecológica
- intachable para la bioconstrucción

#### Datos característicos del material

##### KEIM Dekorfarbpulver

Densidad en prensado: aprox. 0,7 gr/cm<sup>3</sup>

##### KEIM Fixativ®

Peso específico: 1,17 gr/cm<sup>3</sup>

pH: 11,3

##### KEIM Dekorfarben

Resistencia a la difusión del vapor:  $s_d = 0,01$  m

#### Tonalidad (KEIM Dekorfarbpulver)

26 colores según KEIM Farben-Spektrum (Dekorfarben)

### 4. Indicaciones de aplicación

#### Preparación del soporte

El soporte debe estar firme, seco, absorbente, limpio y libre de grasas y polvo. Las partículas sueltas, suciedad, sustancias aceitosas, musgo y algas deben eliminarse completamente. Las pinturas antiguas que forman película deben eliminarse en su totalidad con decapante KEIM Dispersionsentferner. En soportes muy absorbentes o arenosos es recomendable un tratamiento previo con KEIM Fixativ®, diluido p.ej. 1:1 con agua. Los revoques nuevos deben tratarse previamente con KEIM Ätzflüssigkeit según disposiciones (ver Ficha Técnica) para eliminar capas sinterizadas.



Para igualar el soporte y aumentar la luminosidad, se recomienda aplicar una mano previa en blanco con KEIM Purkristalat®, añadiendo KEIM Kristall-Felsit® (según disposiciones de fábrica).

### Aplicación

Al realizar murales con KEIM Dekorfarben, todas las zonas de color reciben dos aplicaciones.

Es recomendable que las pinturas se apliquen lo más finas posible.

### Pastar

A 4 lt de KEIM Fixativ® se añaden 5 kg de KEIM Dekorfarben, y se remueve hasta conseguir una pintura homogénea. De esta mezcla resultan aprox. 10 kg de pintura preparada para la mano de acabado. Es recomendable pastar la pintura un día antes de la aplicación, para conseguir mayor homogeneidad y rendimiento.

### Aplicación en cubriente

Para la primera mano, la pintura pastada se diluye según absorción del soporte con aprox. entre 20 % y 60 % con KEIM Fixativ®.

La segunda mano se aplica sin diluir.

### Aplicación en veladura

La pintura KEIM Dekorfarben pastada se diluye con una mezcla de KEIM Fixativ® y agua en proporción 1:1, según el efecto de veladura deseado.

Después de terminado el mural, se debe comprobar cuidadosamente que la pintura tenga resistencia a la fricción. En caso de que haya quedado ligeramente gredosa, debe aplicarse una fijación posterior con una mezcla de KEIM Fixativ® y agua en proporción 1:1. La mezcla de fijación que no haya quedado absorbida al cabo de unos 3 minutos, debe ser retirada con una esponja.

### Condiciones de aplicación

Temperatura de ambiente y soporte  $> +5^{\circ}\text{C}$ . No aplicar con incidencia directa del sol ni en paramentos recalentados por el sol. Las superficies deben protegerse durante y después de la aplicación contra el sol directo, contra viento y lluvia.

### Tiempos de secado

Entre las distintas manos y/o entre las manos de pintura y las manos de fijación se debe respetar un tiempo de secado mínimo de 12 horas.

### Consumo

Para aplicaciones en cubriente:

aprox. 0,35 kg KEIM Dekorfarbpulver

aprox. 0,40 lt KEIM Fixativ®

Para cada mano en veladura

aprox. 0,02 kg KEIM Dekorfarbpulver

aprox. 0,10 lt KEIM Fixativ®

El consumo exacto debe determinarse mediante pruebas.

### Limpieza de herramientas

Inmediatamente después del uso con abundante agua. Guardar las herramientas durante las interrupciones de trabajo en la pintura o en agua.

### Sustancias ajenas

Para conservar las características especiales del sistema KEIM Dekorfarben, no deben añadirse otras sustancias.

### Mantenimiento de murales

En intervalos de aprox. 10-20 años, es recomendable que se limpien la suciedad y el polvo acumulados en el mural, con agua y aprox. 5% de amoníaco, empleando cepillo blando. Después, se aclara con agua limpia. Una vez totalmente seca la superficie, se pulverizará sobre la superficie entre una y tres veces una mezcla de KEIM Fixativ® y agua en proporción 1:3.

## 5. Presentación

### KEIM Dekorfarbpulver

Bolsas de 250 gr, 500 gr y 5 kg

### KEIM Fixativ®

Envases de 4 y 24 lt

Para la realización de pruebas, también está disponible un surtido de KEIM Dekorfarben®.

## 6. Almacenaje

KEIM Dekorfarbpulver puede almacenarse ilimitadamente en lugar seco. KEIM Fixativ® puede almacenarse aprox. 12 meses en envase cerrado y lugar fresco, protegido contra heladas.

## 7. Señalización según Ordenanza sobre Materiales Peligrosos

no procede

## 8. Señalización para el transporte

no procede



## 9. Gestión de residuos

KEIM Dekorfarbpulver

Catálogo de residuos Europeo nº. 08 01 04

KEIM Fixativ®

Catálogo de residuos Europeo nº. 06 02 99

Llevar al reciclaje sólo los envases totalmente vacíos.

## 10. Indicaciones

El ligante mineral es alcalino. Las superficies que no se vayan a pintar (p.ej. vidrio, piedra natural, cerámica, madera etc.) deben protegerse con medidas adecuadas. Las salpicaduras en zonas adyacentes deben ablandarse y limpiarse inmediatamente con abundante agua.

Proteger los ojos y la piel contra salpicaduras.

Guardar fuera del alcance de los niños.

Código de producto: M-SK 02

Los valores y características indicados son resultado de un trabajo intenso de desarrollo y de experiencias prácticas. Nuestras recomendaciones sobre la aplicación, tanto verbales como escritas, deben ayudar a la hora de la elección de nuestros productos, y no constituyen ninguna relación jurídica contractual. En particular, no eximen al usuario de la obligación de comprobar la idoneidad del producto para el uso previsto. Se respetarán las normas técnicas generales de la construcción. Nos reservamos el derecho a modificaciones que mejoren el producto o su aplicación. Esta edición invalida las anteriores.



KEIM-ECOPAINT IBERICA S.L.

Octavio Lacante 55  
Polígono Can Magarola  
08100 Mollet del Vallès

Tel.: 902 400 570  
Fax: 932 191 455

info@keim.es  
www.keim.es



## KEIM Fixativ®

### 1. Descripción de producto

KEIM Fixativ® es el ligante, diluyente y fijador de silicato potásico líquido puro para pinturas minerales de silicato KEIM con máxima durabilidad.

### 2. Areas de aplicación

KEIM Fixativ® sirve de ligante y diluyente para las pinturas puras de silicato KEIM de dos componentes, KEIM Purkristalat® y KEIM Dekorfarben.

KEIM Fixativ® puede emplearse también para diluir las pinturas de los sistemas KEIM Granital® y KEIM Quarzil®.

Con KEIM Fixativ® diluido puede igualar e reducirse la absorción de soportes minerales muy absorbentes, o fijar y consolidar los soportes minerales arenosos.

### 3. Características del producto

KEIM Fixativ® petrifica de forma insoluble con el soporte, es altamente permeable al vapor, muy estable a la intemperie y totalmente ignífugo. KEIM Fixativ® no contiene ningún tipo de aditivos orgánicos.

- petrifica de forma insoluble con el soporte
- extremadamente resistente a la intemperie
- no forma película
- extremadamente permeable al vapor de agua
- alta capacidad ligante
- fija
- ignífugo
- totalmente resistente a los rayos UV
- es adverso a la formación de hongos y mohos
- resistente a las emisiones industriales
- resistente a los disolventes
- ecológico, balance ecológico favorable
- intachable para la bioconstrucción

### Datos característicos del material

Peso específico: aprox. 1,17 gr/cm<sup>3</sup>  
pH: aprox. 11,3

### Tonalidad

amarillo, transparente

### 4. Indicaciones de aplicación

#### Preparación del soporte

El soporte mineral debe estar firme, seco, limpio y libre de polvo y grasas.

#### Aplicación

Para la imprimación previa de soportes muy absorbentes y/o arenosos

Aplicar KEIM Fixativ®, diluido 1:1 ó 1:2 con agua, a cepillo.

Para pastar KEIM Purkristalat® o KEIM Dekorfarben

Pastar 5 kg de pintura en polvo con 4 lt de KEIM Fixativ®.

Para diluir KEIM Purkristalat®, KEIM Dekorfarben, KEIM Granital® o KEIM Quarzil®

Véanse las Fichas Técnicas correspondientes.

#### Condiciones de aplicación

Temperatura de ambiente y soporte > +5°C.

#### Tiempos de secado

Entre la imprimación previa y la mano de fondo así como entre las distintas manos de pintura debe respetarse un tiempo de secado mínimo de 12 horas.

#### Consumo

Para una imprimación previa sobre soporte liso: aprox. 0,1 lt/m<sup>2</sup> de KEIM Fixativ® (y aprox. 0,1 lt/m<sup>2</sup> de agua).

Los valores de consumo indicados son orientativos y varían en función de las características del soporte y de la forma de aplicación. El consumo exacto sólo puede determinarse mediante pruebas en obra.

#### Limpieza de herramientas

Inmediatamente después del uso con agua.



## 5. Presentación

Envases de 4 y 24 lt.

## 6. Almacenaje

En envase cerrado y lugar fresco, pero protegido contra las heladas, aprox. 12 meses. Proteger contra el calor y la incidencia directa del sol.

## 7. Señalización según Ordenanza sobre Sustancias Peligrosas

no procede

## 8. Señalización para el transporte

no procede

## 9. Gestión de residuos

Catálogo de residuos Europeo nº. 06 02 99  
Llevar al reciclaje sólo los envases totalmente vacíos.

## 10. Indicaciones

KEIM Fixativ® es alcalino.

Las superficies que no se vayan a pintar (p.ej. vidrio, piedra natural, cerámica, madera etc.) deben protegerse con medidas adecuadas. Las salpicaduras en zonas adyacentes deben ablandarse y lavarse inmediatamente con abundante agua. Proteger los ojos y la piel contra salpicaduras.  
*Guardar fuera del alcance de los niños.*

Código de Producto: M-SK 02

Los valores y características indicados son resultado de un trabajo intenso de desarrollo y de experiencias prácticas. Nuestras recomendaciones sobre la aplicación, tanto verbales como escritas, deben ayudar a la hora de la elección de nuestros productos, y no constituyen ninguna relación jurídica contractual. En particular, no eximen al usuario de la obligación de comprobar la idoneidad del producto para el uso previsto. Se respetarán las normas técnicas generales de la construcción. Nos reservamos el derecho a modificaciones que mejoren el producto o su aplicación. Esta edición invalida las anteriores.



KEIM-ECOPAINT IBERICA S.L.

Octavio Lacante 55  
Polígono Can Magarola  
08100 Mollet del Vallès

Tel.: 902 400 570  
Fax: 932 191 455

info@keim.es  
www.keim.es





## KEIM Künstlerfarben

**Pinturas artísticas de silicato puro para murales artísticos en interior y exterior (Técnica A de KEIM)**

### 1. Descripción de producto

#### KEIM Künstlerfarben

KEIM Künstlerfarben son pinturas puras de silicato, de dos componentes, para murales artísticos de máxima durabilidad y luminosidad insuperada. KEIM Künstlerfarben están compuestas de una pintura en pasta y un producto fijador de silicato líquido.

#### KEIM Künstlerfarben

Preparado de pintura totalmente inorgánico de altísima calidad con máxima concentración de pigmentos minerales seleccionados y sustancias auxiliares finísimas para la silicización, pastados en agua destilada.

#### KEIM Fixiermittel

Ligante de silicato puro (silicato potásico líquido) para KEIM Künstlerfarben, para la fijación posterior de murales acabados.

### 2. Areas de aplicación

KEIM Künstlerfarben se emplean preferentemente sobre un enlucido con KEIM Malgrundmasse, que representa un soporte óptimo para murales artísticos.

KEIM Künstlerfarben pueden aplicarse tanto en cubriente como en veladura. El pintado con las pastas de pintura no ligadas, permite también interrupciones y correcciones durante la aplicación. Gracias a la alta concentración y pureza de pigmentos, KEIM Künstlerfarben impresionan por su incomparable luminosidad. Además, la fijación exclusivamente con silicato asegura extremada resistencia y durabilidad.

### 3. Características del producto

- pigmentos inorgánicos totalmente estables a la luz
- máxima concentración de pigmentos
- total reflexión de la luz
- aspecto mineral mate con luminosidad incomparable
- extremadamente resistente a la intemperie
- máxima permeabilidad al vapor de agua (valor  $s_d = 0,01$  m)
- todos los componentes resistentes a los UV
- ignífuga
- resistente a las emisiones industriales
- resistente a los disolventes
- no se hincha

- permite cualquier acabado, desde veladuras hasta cubriente y granulado
- ecológico
- intachable para la bioconstrucción

### Datos característicos del material

#### KEIM Künstlerfarben (pastados)

Peso específico: 1,3 – 1,5 gr/cm<sup>3</sup>

#### KEIM Fixiermittel

Peso específico: 1,17 gr/cm<sup>3</sup>

pH: aprox. 12

#### KEIM Künstlerfarben (fijados)

Resistencia a la difusión del vapor:  $s_d = 0,01$  m

### Tonalidad (KEIM Künstlerfarben)

30 colores según KEIM Farben-Spektrum (Künstlerfarben)

### 4. Indicaciones de aplicación

#### Preparación del soporte

Aplicar KEIM Malgrundmasse según disposiciones de fábrica. Después de un tiempo de fraguado suficiente, aplicar a cepillo una capa abundante de KEIM Ätzflüssigkeit, diluido 1:3 con agua, de abajo hacia arriba. Aclarar con abundante agua.

#### Aplicación

##### Pintar

Antes de aplicar, humedecer bien el soporte con agua destilada, para poder pintar mojado sobre mojado. Para ello, el agua destilada se pulveriza hasta que el soporte esté saturado y no absorba más agua.

KEIM Künstlerfarben (se suministra pastado) se diluye según necesidad con agua destilada. Se puede aplicar tanto en cubriente como en veladura. Sin embargo, no se debe aplicar de forma pastosa. Si el soporte empezara a secar durante el trabajo, debe volver a humedecerse.

Mientras no se haya fijado el mural, pueden realizarse retoques con facilidad: humedecer el mural con agua destilada, eliminar la pintura con esponja húmeda y volver a pintar la zona a corregir. También se puede interrumpir el trabajo sin problemas; al reiniciar el trabajo, debe volver a humedecerse el soporte.



#### Fijar

Los murales realizados con KEIM Künstlerfarben se fijan varias veces: antes de fijar, el soporte debe estar seco. KEIM Fixiermittel se diluye en proporción 1:3 con agua destilada y se pulveriza sobre el mural terminado. En la primera y segunda fijación, se pulverizan capas muy finas.

En la tercera y cuarta fijación, se pulveriza un poco más de cantidad del fijador diluido. Después se aplican otras cuatro o cinco capas de KEIM Fixiermittel diluido (ahora con brocha ancha). Aplique cada vez sólo la cantidad de Fixiermittel diluido que pueda ser absorbida completamente por el soporte en 3 minutos. El sobrante se retira cuidadosamente con un paño limpio. Las zonas que no absorban más ligante no deben ser tratadas en la próxima aplicación, para evitar vitrificaciones por exceso de fijación.

Se ha terminado el proceso de fijación cuando el mural no manche en ningún sitio al frotar con un paño blanco.

#### Tiempos de secado

Entre las distintas aplicaciones de fijación debe respetarse un tiempo de secado mínimo de 12 horas. En cualquier caso, la aplicación anterior debe haber secado totalmente.

#### Condiciones de aplicación

Temperatura de ambiente y soporte > +5°C.

No pintar ni fijar con incidencia directa del sol ni en paramentos recalentados por el sol. Las superficies deben protegerse durante y después de la aplicación contra el sol directo, contra viento y lluvia.

#### Consumo

Determinar mediante pruebas.

#### Limpieza de herramientas

Inmediatamente después del uso con abundante agua. Guardar las herramientas durante las interrupciones de trabajo en la pintura o en agua.

#### Sustancias ajenas

Para conservar las características especiales del sistema KEIM Künstlerfarben, no deben añadirse otras sustancias.

#### Mantenimiento de murales

En intervalos de aprox. entre 10 y 20 años, es recomendable que los murales se limpien de polvo y suciedad, empleando una brocha blanda y agua con aprox. 5 % de amoníaco. Posteriormente, aclarar la superficie con agua limpia. Una vez totalmente seca la superficie, volver a pulverizar varias veces KEIM Fixiermittel, diluido 1:3 con agua, para reforzar la fijación.

## 5. Presentación

#### KEIM Künstlerfarben

Frascos de 100 cm<sup>3</sup>, 250 cm<sup>3</sup> y 500 cm<sup>3</sup>

#### KEIM Fixiermittel

Envases de 5 lt

Dispone de un surtido de KEIM Künstlerfarben para realizar pruebas.

## 6. Almacenaje

Aprox. 12 meses en lugar fresco, protegido contra las heladas.

## 7. Señalización según Ordenanza sobre Sustancias Peligrosas

no procede

## 8. Señalización para el transporte

no procede

## 9. Gestión de residuos

#### KEIM Künstlerfarben

Catálogo de residuos Europeo nº. 08 01 12

#### KEIM Fixiermittel

Catálogo de residuos Europeo nº. 06 02 99

Llevar al reciclaje sólo los envases totalmente vacíos.

## 10. Indicaciones

El ligante mineral es alcalino. Las superficies que no se vayan a pintar (p.ej. vidrio, piedra natural, cerámica, madera etc.) deben protegerse con medidas adecuadas. Las salpicaduras deben lavarse inmediatamente con abundante agua.

Proteger los ojos y la piel contra salpicaduras.

Guardar fuera del alcance de los niños.

Código de producto: M-SK 02

Los valores y características indicados son resultado de un trabajo intenso de desarrollo y de experiencias prácticas. Nuestras recomendaciones sobre la aplicación, tanto verbales como escritas, deben ayudar a la hora de la elección de nuestros productos, y no constituyen ninguna relación jurídica contractual. En particular, no eximen al usuario de la obligación de comprobar la idoneidad del producto para el uso previsto. Se respetarán las normas técnicas generales de la construcción. Nos reservamos el derecho a modificaciones que mejoren el producto o su aplicación. Esta edición invalida las anteriores.



KEIM-ECOPAINT IBERICA S.L.

Octavio Lacante 55  
Polígono Can Magarola  
08100 Mollet del Vallès

Tel.: 902 400 570  
Fax: 932 191 455

info@keim.es  
www.keim.es



## KEIM Lotexan®-N

### 1. Descripción de producto

Hidrofugante incoloro de acabado a base de siloxanos.

### 2. Areas de aplicación

KEIM Lotexan®-N es adecuado como protección hidrofugante, especialmente para piedra natural porosa y no pintada. Con KEIM Lotexan®-N pueden protegerse todas las piedras naturales habituales, tanto alcalinas como neutras, contra agua, lluvia ácida y suciedad atmosférica.

### 3. Características del producto

KEIM Lotexan®-N penetra en los poros de la piedra natural. Una vez evaporado el disolvente la sustancia activa se deposita en las paredes de los poros y desarrolla su capacidad hidrofugante por reacción química con la humedad normal del material y del ambiente, desarrollando sus características hidrofugantes. Este tratamiento no tapa los poros del soporte, por lo que se mantiene prácticamente intacta la permeabilidad de la piedra al vapor de agua.

#### Datos característicos del material

Consistencia: líquido incoloro  
Densidad: 0,8 gr/cm<sup>3</sup>

### 4. Indicaciones de aplicación

Para un tratamiento con KEIM Lotexan®-N, la superficie de la piedra debe ser porosa, estar libre de polvo y seca. Las superficies a tratar con KEIM Lotexan®-N se saturan a cepillo o, mejor, por inundación (no pulverizar), aplicando dos manos abundantes, mojado sobre mojado, en intervalo de aprox. 10 min.

#### Aviso

En caso de previas reparaciones de piedra o juntas, o una consolidación previa con KEIM Sillex®-OH, debe respetarse un tiempo de espera de al menos 10 días.

#### Profundidad de penetración

Para una hidrofugación correcta, se requiere normalmente una penetración mínima de 2 mm. En piedras de poros muy grandes, puede necesitarse una penetración mínima de hasta 5 mm.

### Consumo

Para conseguir la penetración mínima necesaria, los consumos para dos aplicaciones a saturación varían en función del volumen de poros entre 0,4 y 0,8 lt/m<sup>2</sup>. Normalmente es suficiente la aplicación de 0,5 lt/m<sup>2</sup>. Para determinar el consumo exacto, se deben realizar pruebas en obra o en laboratorio, sobre muestras suministradas de la piedra original.

### Limpieza de herramientas

Inmediatamente después del uso con agua y un poco de detergente. Aclarar posteriormente con agua corriente.

### 5. Presentación

Envases de 5 ó 25 lt.

### 6. Almacenaje

KEIM Lotexan®-N se conserva 12 meses en lugar fresco y seco. Proteger contra el calor y contra la incidencia directa del sol. Los envases empezados deben cerrarse herméticamente. Debe evitarse absolutamente la entrada de humedad.

### 7. Señalización

#### según Ordenanza sobre Materiales Peligrosos

|          |   |
|----------|---|
| Xn       | Nocivo  |
| N        | Dañino para el medio ambiente, contiene hidrocarburos aromáticos.   |
| R 10:    | Inflamable  |
| R 51/53: | Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. |
| R 65:    | Nocivo: Si se ingiere puede causar daño pulmonar.   |
| S 2:     | Manténgase fuera del alcance de los niños.  |
| S 13:    | Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.   |
| S 23:    | No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles   |
| S 36:    | Úsese indumentaria protectora adecuada.   |

#### Clasificación de inflamabilidad

A II





## 8. Señalización para el transporte

Clase: 3

Grupo de embalaje: III

Nº UN: 1993

## 9. Gestión de residuos

Catálogo de residuos Europeo: 08 01 02

Llevar al reciclaje sólo los envases totalmente vacíos.

## 10. Indicaciones

Las superficies que no se vayan a pintar (p.ej. vidrio, piedra natural, cerámica, madera etc.) deben protegerse con medidas adecuadas. Las salpicaduras de pintura deben lavarse inmediatamente con abundante agua.

Proteger los ojos y la piel contra salpicaduras.

No comer, beber ni fumar durante el trabajo.

Guardar fuera del alcance de los niños.

Los valores y características indicados son resultado de un trabajo intenso de desarrollo y de experiencias prácticas. Nuestras recomendaciones sobre la aplicación, tanto verbales como escritas, deben ayudar a la hora de la elección de nuestros productos, y no constituyen ninguna relación jurídica contractual. En particular, no eximen al usuario de la obligación de comprobar la idoneidad del producto para el uso previsto. Se respetarán las normas técnicas generales de la construcción. Nos reservamos el derecho a modificaciones que mejoren el producto o su aplicación. Esta edición invalida las anteriores.



KEIM-ECOPAINT IBERICA S.L.

Octavio Lacante 55  
Polígono Can Magarola  
08100 Mollet del Vallès

Tel.: 902 400 570  
Fax: 932 191 455

info@keim.es  
www.keim.es



FONDÉ EN 1720

## TRANSCRYL

**Ce produit permet de transférer par report, une image préalablement imprimée sur papier non glacé.**

**Base du transfert : photocopies noir et blanc ou couleurs et images imprimées.**

**Diluant : Eau.**

**Supports du transfert : Tout support lisse, brut ou déjà peint à l'huile ou à l'acrylique. Évitez les supports inabsorbants ou gras.**

**Nettoyage du matériel : A l'eau chaude savonneuse.**

**Note : Évitez le transfert de cartes postales, ainsi que les impressions ayant reçu un vernis protecteur.**

**Etape 1 : Application du Transcryl :** Protégez votre plan de travail avec une feuille plastique ou de la toile cirée. Appliquez le Transcryl en 1 couche sur le papier découpé, image pré-imprimée à transférer. Faites déborder la couche de Transcryl d'1 cm tout autour de l'image à transférer. Laissez sécher 20 minutes. Puis, appliquez la deuxième couche, en la croisant par rapport à la première. Recommencez cette opération encore trois fois, toujours en croisant les couches. Bien laissez sécher entre chaque couche : 15 à 20 min.

**Etape 2 : Après 24 heures de séchage :** Découpez en prenant une marge de 0,5 cm de large tout autour de l'impression ainsi plastifiée. Immergez le papier dans l'eau tiède environ 20 à 30 minutes, afin de favoriser le décollement du transfert.

**Etape 3 : Enlevez le papier de l'impression :** Pelez le papier au dos de l'impression, en le roulant avec les doigts ou au moyen d'une éponge à dos gratteur humide. Dégagez ainsi le film plastique sur lequel l'image sera reproduite.

**Etape 4 : Temps de séchage du film plastique :** Etalez le film plastique obtenu (transfert) sur une surface bien lisse et essuyez-le avec un papier absorbant. Laissez sécher 6 heures.

**Etape 5 : Collage du transfert :** Appliquez 1 couche de Transcryl sur votre support. Collez ensuite votre transfert et éliminez les bulles d'air avec un rouleau dur, ou au doigt. Laissez sécher l'objet réalisé 24 heures.

## TRANSFER MEDIUM

**USES : Used to transfer a picture printed on paper to another object.**

**FORMULATION : Water-Based.**

**SURFACES : Porous Surfaces.**

**CLEAN UP : With warm soapy water.**

**STEP 1 :** Apply a first coat of Transfer Medium to any printed image to be transferred. Apply a second coat, painting across the first (alternating horizontal and vertical coats). Repeat two or three times, remembering to criss-cross coats as above. Leave 15 to 20 minutes drying time between coats.

**STEP 2 : After leaving to dry for 24 hours :** Trim the varnished picture leaving a 0,5 cm border around the edge. Immerse the paper in warm water about 20 minutes to facilitate peeling off the transfer.

**STEP 3 :** Use your finger or a damp sponge to peel off the paper from the back of the plastic film containing the picture.

**STEP 4 : Spread out the plastic film (transfer) on a flat surface :** Leave to dry for 4 hours.

**STEP 5 :** First, apply a coat of Transfer Medium to the project surface and remove any air bubbles with a hard roller. Then fix the dry transfer to the surfaces. Leave the finished object to dry for 24 hours.

## TRANSCRYL

**Questo prodotto permette di trasferire mediante copia un'immagine precedentemente stampata su carta non patinata.**

**Base del trasferimento : fotocopie in bianco e nero o a colori e immagini stampate.**

**Diluente : Acqua.**

**Supporto del trasferimento : Qualsiasi supporto liscio o già dipinto con i colori ad olio o acrilici. Evitare i supporti non assorbenti o grassi.**

**Pulizia del materiale : Con acqua calda e sapone.**

**Nota : Evitare di trasferire cartoline postali e stampe ricoperte con vernice di protezione.**

**FASE 1 : Applicazione del Transcryl :** Proteggere il piano di lavoro con un foglio di plastica o della tela incerata. Applicare uno strato di Transcryl sulla carta ritagliata, con l'immagine pre-stampata da trasferire. Far fuoriuscire lo strato di Transcryl per 1 cm intorno all'immagine da trasferire. Lasciare essiccare per 20 minuti. Applicare il secondo strato, incrociandolo rispetto al primo. Ripetere questa operazione ancora tre volte, sempre incrociando gli strati. Lasciare essiccare bene tra uno strato e l'altro, fra 15 e 20 minuti.

**FASE 2 : Dopo 24 ore di essiccazione :** Ritagliare lasciando un margine largo 0,5 cm intorno all'immagine plastificata. Immergere la carta in acqua tiepida per 20 o 30 minuti, per favorire lo stacco dell'immagine.

**FASE 3 : Togliere la carta dall'immagine :** Togliere la carta che si trova a tergo dell'immagine, avvolgendola con le dita o con una spugna raschiante umida. Togliere la pellicola di plastica sulla quale sarà riprodotta l'immagine.

**FASE 4 : Tempo di essiccazione della pellicola di plastica :** Stendere la pellicola di plastica ottenuta (trasferimento) su una superficie liscia e asciugarla con della carta assorbente. Lasciare essiccare per 6 ore.

**FASE 5 : Incollatura dell'immagine trasferita :** Applicare 1 strato di Transcryl sul supporto. Incollarvi l'immagine trasferita ed eliminare le bollicine d'aria con un rullo duro o con il dito. Lasciare essiccare l'opera per 24 ore.

## TRANSCRYL

Este producto permite reproducir, por transferencia, una imagen previamente impresa en un papel no satinado. Base de la transferencia : Fotocopias blanco y negro o en color e imágenes impresas.

Disolvente : Agua.

Soportes de la transferencia : Cualquier soporte liso, natural o pintado con pintura al óleo o pintura acrílica.

Evite los soportes inabsorbentes o grasos.

Limpieza del material : Con agua caliente y detergente.

Nota : Evite transferir tarjetas postales, así como impresiones protegidas con barniz.

**ETAPA 1 : Aplicación del Transcyl** : Proteja su mesa de trabajo con una hoja de plástico o de hule. Aplique 1 capa de Transcyl encima del papel cortado, imagen preimpresa a transferir. Sobrebase con 1 cm de Transcyl todo el contorno de la imagen que desee transferir. Deje que se seque durante 20 minutos. A continuación, aplique la segunda capa, superponiéndola perpendicularmente a la primera. Repita esta operación tres veces más, superponiendo las diferentes capas perpendicularmente unas o otras. Deje que se seque bien antes de aplicar la siguiente capa : unos 15 a 20 minutos.

**ETAPA 2 : Después de 24 horas de secado** : Recorte el contorno de la impresión plastificada dejando un margen de 0,5 cm. Sumerja el papel en agua tibia durante 20 a 30 minutos, para que la parte que desea transferir se despegue más fácilmente.

**ETAPA 3 : Quite el papel de la impresión** : Despegue el papel del dorso de la impresión, enrollándolo con los dedos o mediante una esponja con estropajo húmeda. Quite así la película de plástico en la que la imagen estará reproducida.

**ETAPA 4 : Tiempo de secado de la película de plástico** : Extienda la película de plástico obtenida (transferencia) en una superficie bien lisa y límpiela con un papel absorbente. Deje que se seque durante 6 horas.

**ETAPA 5 : Pegadura de la transferencia** : Aplique 1 capa de Transcyl encima de su soporte. A continuación, pegue su transferencia y elimine las burbujas de aire con un rulo duro, o con los dedos. Deje que el objeto realizado se seque durante 24 horas.

## TRANSCRYL

Dieses Produkt ermöglicht die Übertragung eines zuvor auf einfachem Papier gedruckten Bildes durch Abzug. Gegenstand der Übertragung : Eine Fotokopie in schwarzweiß oder in Farbe und gedruckte Bilder.

Verdünnungsmittel : Wasser.

Unterlagen für die Übertragung : Jeder glatte, unbearbeitete oder bereits mit Ölfarbe oder Akryl bemalte Untergrund. Zu vermeiden sind nicht absorbierende oder fette Unterlagen.

Reinigung des Materials : Mit warmem Seifenwasser.

Anmerkung : Vermeiden Sie die Übertragung von Ansichtskarten, sowie von Drucken, die mit einem Schutzlack überzogen wurden.

**ETAPPE 1 : Das Aufbringen von Transcyl** : Schützen Sie die Arbeitsfläche mit einer Kunststoffolie oder einem Wachstuch. Eine Lage Transcyl auf das zugeschnittene Papier aufbringen, das heißt auf das vorgedruckte, zu übertragende Bild. Das Transcyl soll rund um das zu übertragende Bild ca 1 cm überstehen. 20 Minuten trocknen lassen. Danach eine zweite Lage Transcyl kreuzweise zur ersten aufbringen. Diesen Arbeitsgang noch drei Mal wiederholen, indem immer kreuzweise aufgetragen wird. Zwischen dem Aufbringen der einzelnen Lagen das Bild gut trocknen lassen : 15 bis 20 Minuten.

**ETAPPE 2 : Nach 24 Stunden Trocknungszeit** : Schneiden Sie den so erhaltenen, plastifizierten Abdruck so aus, daß rund herum ein Rand von 0,5 cm beibehalten wird. Tauchen Sie das Papier etwa 20 bis 30 Minuten lang in lauwarmes Wasser, um so die Ablösung zur Übertragung des Bildes zu begünstigen.

**ETAPPE 3 : Entfernen Sie das Papier des Abdrucks** : Schälen Sie das Papier von der Rückseite des Bildes ab, indem Sie es mit den Fingern einrollen oder mit Hilfe eines feuchten Schwammes mit Reibfläche abreiben. Auf diese Art die Plastikfolie lösen, auf der das Bild reproduziert wird.

**ETAPPE 4 : Trocknungszeit der Plastikfolie** : Die erhaltene Plastikfolie (Übertragung) auf einer einwandfrei glatten Oberfläche flach ausbreiten und mit Saugpapier trockenwischen. 6 Stunden trocknen lassen.

**ETAPPE 5 : Ankleben der Übertragung** : Tragen Sie eine Lage Transcyl auf Ihren Untergrund auf. Kleben Sie dann Ihr Übertragungsobjekt darauf und entfernen Sie die Luftblasen mit Hilfe einer harten Rolle oder mit dem Finger. Lassen Sie das so erhaltene Objekt 24 Stunden trocknen.

## ÖVERFÖRINGSMEDIUM

Med denna produkt kan man överföra bilder tryckta på ej glättat papper .

Lösningssmedel : vatten.

Underlag för överföringen : Fotokopior i svartvitt eller färg och tryckta bilder. Alla jämna underlag, omålade eller målade med olja eller akryl. Undvik feta och icke absorberande underlag.

Rengöring av materialet : med varm Tvållösning.

Anmärkning : Undvik överföring av vykort och tryck med skyddande lack.

**STEG 1 : Applicering av Överföringsmedium** : Skydda arbetsbordet med byggplast eller en vaxduk. Applicera ett lager Överföringsmedium på det utklippta papperet med den tryckta bilden som ska överföras. Låt lagret med Överföringsmedium överlappa bilden som ska överföras med 1 cm. Låt torka i 20 Minuter. Applicera sedan ett andra lager vinkelrätt i förhållande till det första lagret. Upprepa denna process tre gånger till med det nya lagret vinkelrätt mot det föregående. Låt torka väl i 15 till 20 minuter mellan varje lager.

**STEG 2 : Efter 24 timmars torkning** : Klipp runt den inplastade bilden med 0,5 cm marginal. Lägg papperet i ljummet vatten i ungefär 20 till 30 minuter för att underlätta för trycket att släppa.

**STEG 3 : Avlägsna papperet från trycket** : Ta bort papperet från tryckets baksida genom att gnugga med fingrarna eller med hjälp av en fuktig svamp med skrapyta. Frigör på detta sätt plastfilmen som bilden kommer att finnas på.

**STEG 4 : Torktid för plastfilmen** : Sträck ut plastfilmen (överföringen) på en helt jämn yta och torka den med papper. Låt torka i 6 timmar.

**STEG 5 : Klistra in bilden** : Applicera ett lager Överföringsmedium på underlaget. Limma sedan in bilden och avlägsna luftbubblor med en hård rulle eller med fingret. Låt torka i 24 timmar.



## **CAPITULO**

## **V**

## **BIBLIOGRAFÍA**



## V BIBLIOGRAFÍA

\* Las fotografías, si no se indica lo contrario, han sido tomadas por la autora en las pruebas de investigación

- ALCALDE MORENO, Manuel; et al.; *Diagnosis y tratamiento de la piedra: I La alteración de la piedra en los monumentos. II Consolidantes e hidrófugos, productos para el tratamiento de materiales pétreos.* n. 400. Madrid: ICCET-CSIC (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja- Consejo Superior de Investigaciones Científicas), 1990.
- ADAM, Sheila. *The Technique of Greek Sculpture in the Archaic and Classical Periods.* The British School of Archaeology at Athens. Thames and Hudson, Oxford University Press, Great Britain. 1966.
- APARICI, Susana; Juan Carlos ALVAREZ. “Anuario de materiales de construcción 1984: El deterioro de la roca natural como material de construcción y la acción del agua.” Tutor: Carlos Olmos. Cátedra de Construcción I. ETSAM. Dpto. de publicaciones de arquitectura E.T.S.A.M, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 1984.
- ARGAN, Giulio Carlo. *El Arte Moderno: Del iluminismo a los movimientos contemporáneos.* Madrid: Akal S.A., 1991.
- AZCONEGUI, F.; A. CASTELLANOS. (Coords.). *Guía práctica de la cantería: El trabajo de la piedra.* León: Taller Editorial, Escuela Taller de Restauración “Centro Histórico” de León, 1993.
- BAZIN, G. *Historia de la escultura mundial: Panorámica ilustrada de la Prehistoria a nuestros días.* Barcelona: Blume, 1972.
- BEELE DINSMOOR, William. *The Architecture of Ancient Greece: An account of its Historic Development.* (A reprint of the 1950 3<sup>rd</sup> Edition, revised) London: BT Batsford LTD, 1985
- BLÜHM, Andreas; et al. *The Colour of Sculpture 1840-1910.* Amsterdam: Van Gogh Museum, Leeds: Henry Moore Institute, Zwolle: Waanders Uitgevers, 1996.
- BOLDRICK, Stacy; David PARK; Paul WILLIAMSON. *Wonder painted Sculpture from Medieval England.* [3<sup>rd</sup> October 2002 – 5<sup>th</sup> January 2003]. Leeds (Great Britain): Henry Moore Institute, 2002.
- BRAUNS, R. *Mineralogía.* Sección XII, Ciencias naturales Nº 135. Barcelona; Buenos Aires: Labor, 1927.
- BURNETT GROSSMAN, Janet. *Looking at Greek and Roman Sculpture in Stone: A guide to terms, styles, and techniques.* Los Ángeles (California): The J. Paul Getty Museum, 2003.
- CALVO, Ana. *Conservación y restauración: Materiales, técnicas y procedimientos. De la A a la Z.* Barcelona: Serbal, 1997.
- CARBONELL DE MASY, Manuel. *Observación y restauración de monumentos: Piedra, cal, arcilla.* Barcelona: Vanguard Gráfico, 1993.



- CARLYLE, Leslie. *The Artist's Assistant: Oil Painting Instructions Manuals and Handbooks in Britain 1800-1900. With Reference to Selected Eighteenth-Century Sources*. London: Archetype Publications, Ltd, 2002.
- CENNINNI, Cennino. *Tratado de la pintura: El libro del arte*. Madrid: Akal, 1988.
- CIRUJANO, Concha (Dir.). "Proyecto de restauración de la Virgen del Viso, Bamba, Zamora." Informe inédito. Instituto de Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico Español de Madrid. 2001.
- Coloured Sculpture*. Exhibition from 25<sup>th</sup> January-9<sup>th</sup> March 1986. Stoke-on-Trent, Hanley (England): Stoke-on-Trent Museum and Art Gallery, 1986.
- CROOK, Jo; LEARNER, Tom. *The Impact of Modern Paints*. New York: Watson-Guption Publications, 2000.
- DAMIANO, Mauricio. *Antiguo Egipto: El esplendor del arte de los faraones*. Milán: Electa, 2001.
- DAVIES, W.V. *Colour and Painting in Ancient Egypt*. London: The British Museum Press, 2001.
- DA VINCI, Leonardo. *Leonardo on the Human Body*. New York: Dover Publications, INC 1983.
- DA VINCI, Leonardo. *Leonardo da Vinci. Cuadernos de notas*. Madrid: Felmar, 1975.
- DE LA COLINA BOTELLO, Manuel. *Incidencias del soporte en la pintura y sus manipulaciones técnicas*. Madrid: Universidad Complutense Madrid, 1988.
- Diccionarios Everest, Corona Lengua Española*. 6ª Ed. León (etc.): Everest, 1974.
- DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Reverté, 2001.
- DOXIADIS, Euphrosyne. *The Mysterious Fayum Portraits: Faces from Ancient Egypt*. London: Thames and Hudson, 1995.
- DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From Antiquity to the Middle Ages. From the Eighth Century BC to the Fifteenth Century*. Vol. I. London (etc.): Taschen, 1999.
- DUBY, Georges; Jean-Luc DAVAL (Ed.). *Sculpture: From the Renaissance to the Present Day. From the Fifteenth to the Twentieth Century*. Vol II. London (etc.): Taschen, 1999.
- El Arte del Siglo XX*. Madrid: Debate. 1996.
- El ojo cromático del artista: Fascinación y embrujo del color en la pintura*. Barcelona: L.E.D.A, 1984.
- FERNÁNDEZ, A.; E. BARNECHEA; J. HARO. *Historia del Arte*. Barcelona: Vicens-Vives, 1996.
- FERRADA, Ventura. *Tratado elemental de las rocas y materiales más usados en construcciones o manual práctico recopilado de datos necesarios y esenciales al mejor conocimiento de unas y otros*. Madrid: Imprenta de J. Limia y G. Urosa, 1868.
- GAGE, John. *Color y Cultura: La práctica y el significado del color de la Antigüedad a la Abstracción*. 3ª Ed. Madrid: Siruela, 2001.
- GANOT, A. *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología*. 13ª Ed. Madrid: Editorial de Bailly-Bailliere e Hijos, 1900.
- GARATE ROJAS, Ignacio. *Artes de la cal*. Madrid: Ministerio de Cultura, Dirección General de Bellas Artes y Archivos I.C.R.B.C., 1993.

- GARCÍA, José Ignacio; Juan Manuel BÁEZ. *La piedra en Castilla y León*. Salamanca: Junta de Castilla y León, Consejería de Industria, Comercio y Turismo, 2001.
- GOTTSEGEN, Mark D. *The Painter's Handbook*. New York: Watson-Guption Publications, 1993.
- GÓMEZ BAEZA, Rosina (Dir.). "ARCO'06 Feria Internacional de Arte Contemporáneo". [Catálogo] Vol. II. Madrid: IFEMA, Feria de Madrid. 2006.
- "*Gran Enciclopedia Universal*". Madrid: Espasa Calpe, 2004.
- HERNÁNDEZ DÍAZ, José. "*El escultor Pérez Comendador 1900-1981 (Biografía y obra)*" Bilbao: La Gran Enciclopedia Vasca, Caja de Ahorros Provincial San Fernando de Sevilla Obra Cultural, 1986.
- HIBBARD, Howard. *Masterpieces of Western Sculpture: From Medieval to Modern*. 2ª Ed. New Jersey: Chartwell Books, 1966.
- HILD, K. W. *Manual del pintor decorador: Guía para pintores, barnizadores, doradores vidrieros, empapeladores y estuquistas*. Versión de la 3ª Ed. Barcelona: Gustavo Gili, S.A., 1950.
- HISCOX G.D.; A.A. HOPKINS. *Recetario industrial. Enciclopedia*. 2ª Ed. (ampliada). Barcelona: Gustavo Gili, 1999.
- HOFFMAN, Malvina. *Sculpture Inside and Out*. New York: WW Norton et Company Publishers, 1939.
- HOUWINK, R.; SALOMON, G. *Adherencia y adhesivos. Volumen 1. Adhesivos*. En *La Enciclopedia de la química industrial (Tomo 3)*. Bilbao: Urmo S.A., 1978.
- "Informe de Restauración del Monasterio de Santa María del Pualar, Rascafría, Madrid." Informe inédito. ICRCB Instituto de Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico Español, Madrid, 2005.
- JENKINS, Ian. *Cleaning and Controversy, the Parthenon Sculptures 1811-1939*. The British Museum Occasional papers, number 146. London: The British Museum Press, 2001.
- JENKINS, Ian. *Greek Architecture and its Sculpture in the British Museum*. London: The British Museum Press, 2006.
- Joan Rebull, *Años 20 y 30*. Exposición del 30 Septiembre 2003-19 Enero 2004. Madrid: MNCARS, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2003.
- KEIM, Adolf Wilhem. *Die mineral malerei: Neues verfahren zur herstellung witterungsbeständiger wandgemälde*. Wien. Pest. Leipzig, 1881.
- KEIM, Adolf Wilhem. *The prevention of dampness in buildings*. London: Scott, Greenwood and Co., 1902.
- Las edades del hombre: El arte en la iglesia de Castilla y León*. El Norte de Castilla, [s.l.: s.n] ca.1990?.
- LAWRENCE, A.W. *Greek and Roman Sculpture*. London: Jonathan Cape LTD, 1972.
- LAWRENCE, A.W. *Greek Architecture*. 2ª Ed. (reprinted with revisions). Australia: Penguin Books LTD, 1969.
- Los grandes descubrimientos de la Arqueología*. [Barcelona?]: Planeta Agostini, ca. 199?

- LUCA DE TENA, Guillermo (Ed.); Luís María ANSÓN (Dir.). *Historia de las civilizaciones perdidas*. (Edición especial realizada por ABC). Barcelona: Folio, 1995.
- LUCAS, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*. 4<sup>th</sup> Ed. (revised and enlarged by J.R. Harris). London: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1962.
- LULLIES, Reinhard. *Greek Sculpture*. London: Thames and Hudson, 1957.
- MALTESE, Corrado (Coord.). *Las técnicas artísticas*. Madrid: Cátedra, 1980. (Manuales de Arte Cátedra)
- MAGUBANE, Peter. *Vanishing Cultures of South Africa: Changing Costumes in a Changing World*. London: Struik Publishers, 1998.
- "Mar de luces. Francesc Grimalt-Tomás Barceló". [Catálogo exposición del 15 de marzo al 14 de Abril de 2007]. Galería Alexandra Irigoyen, Madrid. 2007.
- MARESCH, Walter; Olaf MEDENBACH. *Rocas*. (Con la colaboración de Hans Dieter Trochim). Barcelona: Blume, 1990.
- MARI, Eduardo Ambrosio. *Los vidrios. Propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires (Argentina): Américalée, 1982.
- MARKS, Richard; Paul WILLIAMSON. *Gothic: Art for England 1400-1547*. London: V&A Publications, 2003.
- MINGARRO MARTÍN, F. "Procesos de degradación de la piedra en el Patrimonio Histórico" *Patrimonio: Histórico de Castilla y León*. Julio-Agosto-Septiembre 2000, Año I, Num. 2. Valladolid. p. 15-22.
- MOTTANA, Annibale; Rodolfo CREPI; Giuseppe LIBORIO. *Minerales y rocas*. 4<sup>a</sup> Ed. Barcelona: Grijalbo, 2003.
- NAVARRO, Francesc (Dir. Ed.). *Historia del Arte: Grecia*. Madrid: Salvat, 2006.
- NAVARRO TALEGÓN, José; et al. *Restauración de la Portada de la Majestad de la Colegiata de Santa María la Mayor de Toro: Toro, 8 de Junio de 1996*. [Madrid]: Junta de Castilla y León. The Samuel H. Kress Foundation. Ediciones el Viso, 1996.
- PACHECO, Francisco. *Arte de la pintura su antigüedad y grandezas*. Tomo II. Madrid: Cátedra, 1956.
- PALET, Antoni. *Tratado de la pintura: Color, pigmentos y ensayo*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 2002.
- PEREZ DE ANDRÉS, Carmen (Coord.). *Catálogo de obras restauradas 1988-1994. Centro de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Castilla y León*. Valladolid: Junta de Castilla y León, 1996.
- PLINIO SEGUNDO, Cayo. *Naturalis Historia. Lapidario Plinio el Viejo*. Madrid: Alianza, 1993.
- REGO, G.; et al. "Efectos del polvo inhalado en los trabajadores de la industria de pizarras." *Medicina Clínica*. 2001, vol. 116, núm. 8, p.290-291.
- RENE GABORIT, Jean. *Great Gothic Sculpture*. Milano: Reynal and Company. Arnoldo Mondadori Editore, 1978. (Reynal's World History of Great Sculpture).
- RICHTER, G.M.A. *Korai. Archaic Greek Maidens: A study of the Development of the Kore Type in Greek Sculpture*. London: Phaidon Press LTD, 1988.



- RICHTER, G.M.A. *Kuroi. Archaic Greek Youths: A Study of the Development of the Kouros type in Greek Sculpture*. London: Phaidon Press. LTD, 1960.
- RIVERA, J.; A. AVILA; M.L. MARTÍN ANSÓN. *Manual de técnicas artísticas*. Madrid: Historia 16, 1997.
- ROBERTSON, D.S. *A handbook of Greek & Roman Architecture*. 2<sup>nd</sup> Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1964
- ROC MAQUINA. *Anuario de piedras naturales de España*. 10<sup>a</sup> Ed. Vizcaya: Roc Maquina, 1997.
- ROSS, Barbara. "Correspondence in Clay" *Aramco World*. November/December 1999. Published bimonthly, Vol 50, No. 6. Houston, Texas, USA. pp. 31-34.
- ROYAL-TALENS. *Guía completa: Materiales Auxiliares. Pastel-Témpera-Acuarela-Acrílico-Óleo. [Folleto informativo publicitario]*. Apeldoorn; Barcelona: Royal-Talens, Talens España SAV. ca. 2007.
- RUDEL, Jean, *Técnica de la escultura*. México: Fondo de cultura Económica, 1986.
- RUIZ, J. Antonio. *El Monasterio de Santa María de El Parral*. Madrid (etc.): Everest, 1986.
- RUSSMANN, Edna R. *Egyptian Sculpture: Cairo and Luxor*. London: British Museum Publications, 1990.
- SAN ANDRÉS, M; S. DE LA VIÑA. *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Madrid: Síntesis, 2004.
- SANCHEZ DAVIA, A. "Volumen y Color escultórico" Dirección: Pablo de Arriba del Amo. [Tesina inédita]. Departamento de Escultura, Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense, Madrid, 2004.
- SCARF, George. "On the Polychromy of Sculpture: being recollections of Remarks on this subject by C.O. Müller, at Athens, in 1840" London: The Museum of Classical Antiquities, 1851.
- SEMPER, Gottfried. "On the Study of Polychromy and its revival" London: The Museum of Classical Antiquities, 1851.
- SCHUMANN, Walter. *Rocas y Minerales: Minerales, piedras preciosas, rocas, menas*. 3<sup>a</sup> Ed. Barcelona: Omega, 1988.
- SOLON, Leon V. *Polychromy: Architectural and Structural Theory and Practice*. New York: The architectural Record, 1924.
- TABLATE, Jesús (Dir.). [Portada] *Album. Letras-Artes*. 1996. Primavera 96, num. 47. (Madrid).
- UWE GEESE. *Sculpture. Romanesque, Gothic, Renaissance, Baroque. Escultura: Renacimiento, Barroco, Románico, Gótico*. Berlín: Feierabend Verlag OHG, 2004.
- VALLEJO PENEDO, J.J. *Santa María de la Vid: Monasterio agustino a orillas del Duero*. León: Edilesa, 1999.
- VALLHONRAT, Javier. "El espacio poseído" *Album Letras Artes*. 1996, Primavera 96, num. 47.(Madrid). p. 20.
- WERNER, Louis. "Zillij in Fez". En *Saudi Aramco World*. May/June 2001. Published Bimonthly, Vol. 52, No. 3. (Houston, Texas, USA). pp. 18-19

- VERRET, Denis; Delphine STEYAERT (Drs.) “*La Couleur et la Pierre: Polychromie des portails gothiques.*” [Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000]. París : ARP(Agence Régionale du Patrimoine de Picardie), Picard, 2002.
- VIDAL, José A (Dir.). *Minerales y Rocas*. Guías visuales océano. Barcelona: Océano, 1999.
- WINCKELMANN, J.J. *Historia del arte en la antigüedad*. Barcelona: Iberia, 1967.
- WITTKOWER, Rudolf. *La Escultura, procesos y principios*. Madrid: Alianza, 1988.

## DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

- ABBE, Mark B. "Polychromy of Roman Marble Sculpture" In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000—. [http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hd\\_prms.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hd_prms.htm) (April 2007) [Consulta: Julio 2008]
- BEECK. *What does Beeck stand for?. Beeck Mineral Paints-Painting systems that meet the highest requirements* [en línea]. Beeck Mineral Paints. [http://www.beeck.de/english/wir\\_en/wasistbeeck.html](http://www.beeck.de/english/wir_en/wasistbeeck.html) [Consulta: Febrero 2007]
- CEES. *Soluble silicates and the enviroment* [en línea]. Centre Européen d'Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newenvironment.html> [Consulta Julio 2008]
- CEES. *Chemistry of Soluble Silicates* [en línea]. Centre Européen d'Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newchemistry.html> [Consulta Julio 2008]
- CEES. *Soluble silicates* [en línea]. Centre Européen d'Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newsoblule.html> [Consulta Julio 2008]
- CEES. *Manufacture of Soluble Silicates* [en línea]. Centre Européen d'Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newmanufacture.html> [Consulta Julio 2008]
- CEES. *Applications of soluble silicates* [en línea]. Centre Européen d'Etude des Silicates. <http://www.cees-silicates.org/newapplication.html> [Consulta Julio 2008]
- CEES. *Soluble Silicates. Chemical, toxicological, ecological and legal aspects of production, transport, handling and application* [en línea]. Brussels: Centre Européen d'Etude des Silicates, June 2008. [http://www.cees-silicates.ort/images/solsil\\_broch\\_0806.pdf](http://www.cees-silicates.ort/images/solsil_broch_0806.pdf) [Consulta Junio 2008]
- “Copying Caligula.” *Conservation Technologies*. National Conservation Centre. National Museums of Liverpool. <http://www.liverpoolmuseums.org.uk/conservation/technologies/casestudies/caligula/index.aspx> [fecha de consulta 15 Julio 2008]
- CREIXELL, Miren; GUAIDA, Kemie, (Dir.). “Sistemas de impresión-Offset”, [en línea]. Sunnyvale, California (USA): Yahoo!Geocities. <http://www.geocities.com/CollegePark/Hall/9355/wimp-off.htm> [Fecha consulta: Agosto 2008]

- DAVIES, Garet. "Vapour Permeable paint" [en línea]. Artículo en *Building Conservation*.  
<http://buildingconservation.com/articles/vapour/vapour.htm> [Consulta: julio 2008]
- DURAN, Eduard; LÓPEZ, Javier (Dir. galería) "Gerard Mas" [en línea]. Exposición individual de escultura. Barcelona: Galería 3 punts, 2008.  
<http://www.3punts.com/pagina.asp?0=4&1=17070&2=1221&3=25407> [Consulta: Noviembre 2008]
- ECO-HOUSE. "About Silicate Dispersion Paints, meeting German Standard DIN 18363" [en línea]. En *Silicate Paints*. New Brunswick (Canada): Eco-House natural products. [http://www.eco-house.com/silicate\\_paints.htm](http://www.eco-house.com/silicate_paints.htm) [Consulta: Julio 2008]
- EPA. "Potassium Silicate. Exemption from the Requirement of a Tolerance" [en línea]. En *Rules and Regulation*, EPA (Environmental Protection Agency), Vol. 71, num. 114. Federal Register, June 14, 2006. <http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/01jan20061800/edocket.access.gpo.gov/2006/E6-8939.htm> [Consulta: Julio 2008]
- "Fragmentary head of a deity wearing a Dionysiac fillet [Roman; copy of a Greek work of the 2nd century B.C.] (1992.11.66)". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000—. [http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod\\_1992.11.66.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod_1992.11.66.htm) (April 2007) [Consulta: Julio 2008]
- FRANCHIMONT, Carlos. "Materiales: Dolomita", [en línea]. Madrid: Ya.com.  
<http://humano.ya.com/lito007/comunicarte/materiales.html#Dolomita> [Fecha Consulta: Agosto 2008]
- FUENTES VILLALOBOS, Sandra Patricia. "Síntesis y determinación de propiedades electroquímicas anisotrópicas en compuestos de intercalación de sulfuro de molibdeno" [en línea] Director de Tesis: Dr. Guillermo González Moraga y Dr. Jaime Retuert de la Torre. Chile: Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. 2001.  
[http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2001/fuentes\\_s/html/index-frames.html](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2001/fuentes_s/html/index-frames.html), También en: [Fecha Consulta: Agosto 2008]
- "Generalidades sobre los vidrios" *Seminarios de materiales de construcción I. Capítulo V: Vidrios*. [en línea]. Seminario 22. Burgos: Universidad de Burgos.  
[http://www2.ubu.es/caict/consarq/asigatconsarq/materiales/seminarios/Capitulo\\_V\\_Vidrios/22resp.doc.rtf](http://www2.ubu.es/caict/consarq/asigatconsarq/materiales/seminarios/Capitulo_V_Vidrios/22resp.doc.rtf). [Consulta: Agosto 2008]
- GILL, Petra M. "Environmental Safe Binders for Agglomeration" Bulletin 9. Philadelphia: PQ CORPORATION (Philadelphia Quartz Company), 2003.  
[http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin\\_9.pdf](http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin_9.pdf) [Consulta: Julio 2008]
- "Grecia Clásica. Tesoros de la Acrópolis de Atenas" [en línea]. Ref. 08122337. FotoAleph, Centro de documentación fotográfica y visual.  
<http://www.fotoaleph.com/Colecciones/GreciaClasica/GreciaClasica-foto24.html#GreciaClasica> [Consulta: 15 Julio 2008]



HERA, "Environmental risk assessment" [en línea], En *Risk Assessments -executive summary*.

*Substance group: Alkali silicates*. HERA (Human and Environmental Risk Assessment on ingredients of household cleaning products).

<http://www.heraproject.com/ExecutiveSummaryPrint.cfm?ID=186> [Consulta Julio 2008]

IQUE "Campos de Aplicación" [en línea]. En *Silicatos solubles*, IQUE (Industrias Químicas del Ebro).

[http://www.iqe.es/detProducto.aspx?Parl\\_Id=1&Area\\_ID=110&NodI\\_ID=15&elcampo=3](http://www.iqe.es/detProducto.aspx?Parl_Id=1&Area_ID=110&NodI_ID=15&elcampo=3)  
[Consulta: Julio 2008]

KEIM Ecopaint Ibérica S.L. "Fichas técnicas". Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica, 2007.

<http://www.keim.es> [consulta: Octubre 2008]

KEIM Ecopaint Ibérica S.L. "Keim Farben Spektrum" [carta de colores], Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica S.L. 2006.

KEIM Ecopaint Ibérica SL. "Sistema de restauración y protección de la piedra natural: Keim Restauro" [Folleto en versión electrónica]. Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica, SL. 2007.

[http://www.keim.es/folletos/FO\\_Restauro.pdf](http://www.keim.es/folletos/FO_Restauro.pdf) [Consulta: Octubre 2007]

KEIM FARBEN, "El extraordinario espectro de la técnica de silicatos de keim" [folleto informativo y comercial] Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica SL, ca. 2005.

KEIM FARBEN "Internacional" [en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica SL. 2006.

[http://www.keim.es/pinturas/pinturas\\_internacional.htm](http://www.keim.es/pinturas/pinturas_internacional.htm) [Consulta: Julio 2008]

KEIM FARBEN. "Liberty Remembers" En *Projects*. USA: The Calahan Company.

[www.keimmineralsystems.com/usprojects/grohe/vet.htm](http://www.keimmineralsystems.com/usprojects/grohe/vet.htm) [Consulta Junio 2008]

KEIM FARBEN. "Medio ambiente" [en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica SL. 2006.

[http://www.keim.es/pinturas/pinturas\\_medio.htm](http://www.keim.es/pinturas/pinturas_medio.htm) [Consulta: Febrero 2007]

KEIM FARBEN. "Palette Exclusiv" [en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica SL. 2006.

[http://www.keim.es/informa/CC\\_Exclusiv.pdf](http://www.keim.es/informa/CC_Exclusiv.pdf) [Consulta: Junio 2008]

KEIM FARBEN, "Pinturas minerales Keim: una técnica excepcional" [folleto informativo y comercial, versión electrónica en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica S.L. 2006.

[http://www.keim.es/folletos/FO\\_General.pdf](http://www.keim.es/folletos/FO_General.pdf) [Consulta Julio 2008]

KEIM FARBEN. "Producción" [en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Ibérica SL. 2006.

[http://www.keim.es/pinturas/pinturas\\_produccion.htm](http://www.keim.es/pinturas/pinturas_produccion.htm) [Consulta: Julio 2008]

KEIM FARBEN. "Reference Projects". Germany: Keimfarben.

[http://www.keimfarben.de/en/reference\\_projects/?cmd=examples\\_referenz\\_show\\_016](http://www.keimfarben.de/en/reference_projects/?cmd=examples_referenz_show_016)  
[Consulta junio 2008]

KEIM FARBEN. "Reference Projects". Germany: Keimfarben.

<http://www.keimkreativ.de/keimreferenz/html/objekte.html> [Consulta Agosto 2008]

KEIM FARBEN. "Reference Projects". Germany: Keimfarben.

[http://www.keimfarben.de/en/reference\\_projects/?cmd=examples\\_referenz\\_show\\_1019](http://www.keimfarben.de/en/reference_projects/?cmd=examples_referenz_show_1019)  
[Consulta Junio 2008]

- KEIM FARBEN. "Seminare 2006-2007: Adolf Wilhelm Keim Gesellschaft. Zentrum für mineralische Bau- und Anstrichtechnik" [catálogo de cursos] Dierof: Adolf Wilhelm Keim Gesellschaft, 2006.
- KEIM FARBEN. "Técnicas artísticas" [en línea] Barcelona: Keim Ecopaint Iberica SL. 2006.  
[http://www.keim.es/silicatos/T\\_tec\\_artist.html](http://www.keim.es/silicatos/T_tec_artist.html). [Consulta Julio 2008]
- LORK, Anette; Hans MAYER; Ingeborg KÖNIG-LUMER. "Silicone Resin Networks: the structure determines the effect".[version electrónica] Reprint of an article from European Coatings Journal 04/03. Issue 4. Germany: Wacker Silicones. año 2003.  
[http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/45.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/45.pdf) [Consulta: Julio 2008 ]
- MAYER, Hans. "Masonry Protection with Silanes, Siloxanes and Silicone Resins". [version electrónica] En *Surface Coatings International*. München (Germany): Wacker-Chemie GmbH, 1998. [www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/26.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/26.pdf) [Consulta: Julio 2008 ]
- MAYER, Hans. "The chemistry and properties of silicone resins: network formers (in paints and renders)" [version electrónica] Article en *Pigment & Resin Technology*, Volume. 27, Issue 6, Burghausen (Germany): Publisher MCB University Press Ltd, 1998.  
[http://www.siliconharzfarben.com/online\\_pdf/21.pdf](http://www.siliconharzfarben.com/online_pdf/21.pdf) [Consulta: Julio 2008]
- MUSEUMS OF LIVERPOOL. *Conservation Technologies. 3D Recording*.  
<http://www.liverpoolmuseums.org.uk/conservation/technologies> [Consulta: octubre 2007]
- "Portrait head of an elderly woman [Roman] (2000.38)". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000–.  
[http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod\\_2000.38.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod_2000.38.htm) (April 2007) [Consulta: Julio 2008]
- PQ CORPORATION. "Bonding and Coating Applications of PQ Soluble Silicates." [en línea] Bulletin 12-31. Philadelphia: PQ (Philadelphia Quartz Company), 2006.  
[http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin\\_12-31.pdf](http://www.pqcorp.com/technicalservice/..%5CLITERATURE%5Cbulletin_12-31.pdf) [Consulta: Julio 2008]
- PQ CORPORATION "Silicate Solution Chemistry" [en línea] Philadelphia: PQ (Philadelphia Quartz Company). [http://www.pqcorp.com/technicalservice/understanding\\_silicatesolchem.asp](http://www.pqcorp.com/technicalservice/understanding_silicatesolchem.asp) [Consulta: Julio 2008]
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA DE LA LENGUA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española [En línea] 22ª Ed. Madrid: Real Academia de la Lengua Española, 2003.  
<http://buscon.rae.es/drae/> [Consulta: Junio 2008]
- "Replication of a 17<sup>th</sup> Century life-sized marble statue of Pomona." *Conservation Technologies*. National Conservation Centre, National Museums of Liverpool.  
<http://www.liverpoolmuseums.org.uk/conservation/technologies/casestudies/pomona/>[Consulta: 15 Julio 2008]
- "Replication of an 18th Century Bust of Captain Cook" *Conservation Technologies*. National Conservation Centre, National Museums of Liverpool.

<http://www.liverpoolmuseums.org.uk/conservation/technologies/casestudies/captaincook/index.aspx> [Consulta Julio 2008]

"Ringstone with an artist painting a sculpture [Roman] (81.6.48)". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000–.

[http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod\\_81.6.48.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod_81.6.48.htm) (April 2007) [Consulta: Julio 2008]

ROC MAQUINA "Piedra de colmenar "En *Stoneroc-Roc Maquina*. Buscador de Piedras Naturales.

<http://www.Rocmaquina.es/RocMaquina/FiltroControllerPiedras> [Consulta Junio 2008]

SANTOS FERNANDEZ, Jose Luís. "El museo Nacional de Arqueología de Atenas presenta a partir de hoy una exposición de réplicas de 21 estatuas policromadas de Dioses Griegos" [En línea]. Dioses en color, National Archeological Museum of Athens, Del 29 de enero al 25 de marzo de 2007. En *Terrae Antiquae Revista de Arqueología e Historia*. Madrid: Térrea Antiquae, 2007. <http://terraeantiquae.blogia.com/2007/013101-el-museo-nacional-de-arqueologia-de-atenas-presenta-a-partir-de-hoy-una-exposici.php> [Consulta: 15 Julio 2008]

"Statue of a member of the imperial family shown in heroic semi-nudity [Roman] (2003.407.9)". In *Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000–.

[http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod\\_2003.407.9.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/prms/hod_2003.407.9.htm) (April 2007) [Consulta: Julio 2008]

VANDEN BOSCH, Leandro. "Sistemas de computación: Resumen de Impresoras", [en línea]. Argentina: Monografías.com S.A.

<http://www.monografias.com/trabajos5/resudeimp/resudeimp.shtml?monosearch/f> [Fecha consulta: Agosto 2008]

"Vidrio" La Enciclopedia Libre, Wikipedia. [en línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Vidrio> [Consulta: Agosto 2008]

YOUNG, M.E.; M. MURRAY; P. CORDINER. "Stone Consolidants and Chemical Treatments in Scotland". En *Report to Historic Scotland*. Edinburgh (United Kingdom): Scottish Conservation Bureau, 1999. <http://www2.rgu.ac.uk/schools/mcrg/miconsol.htm> [Consulta: Noviembre 2008].

### **Entrevistas personales**

Adolfo IÑIGO [Entrevista personal], Doctor en el Instituto de Recursos Naturales de Agrobiología, CSIC, Salamanca, Noviembre 2006.

Elmut ELSNER [Entrevista personal], Director Técnico de Keim-Farben Alemania. Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007.

J. Vicente NAVARRO. [Entrevista personal], Geólogo del ICRBC (Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Madrid). Madrid, Septiembre 2006.

Peter MAYER [Entrevista personal], Director Técnico de Keim Ecopaint Ibérica S.L, Mollet del Valles, Barcelona, Marzo 2007.